

## Master en Negocios y Derecho Marítimo

Trabajo de Fin de Master

### SHORE SIDE ELECTRICITY



**Antonio Pallarés Bongioanni**

Inicio Master, octubre 2017

Madrid, junio de 2019



## ÍNDICE

Lista de Abreviaciones .....	6
Lista de Figuras.....	7
Lista de Tablas .....	9
I. Introducción.....	10
II. Cold Ironing. Concepto y Factores Impulsores.....	12
II.1. Concepto.....	12
II.2. Evolución y factores impulsores.....	13
A) Factores Medioambientales .....	14
B) Directivas y Recomendaciones .....	19
C) Programa AMP.....	21
III. Aspectos Técnicos. ....	22
III.1. Configuración de un Sistema de SSE .....	22
III.2. Barreras técnicas .....	24
III.3 Conexiones SSE de Alta Tensión. ....	27
III.4 Conexiones SSE de Baja Tensión. ....	30
III.5 Tipo de conexiones a puerto. ....	31
III.6 Proceso de Implementación.....	33
A) Planificación .....	34
B) Implementación .....	35
C) Inspección.....	35
D) Mejora .....	36
IV. Regulación e Iniciativas de SSE .....	37
IV.1 Regulación a nivel Internacional .....	37

A) World Ports Climate Initiative .....	37
B) Organización Marítima Internacional .....	38
C) Comité de protección del medio marino de la OMI .....	40
IV.2 Regulación a nivel Europeo .....	41
A) Directiva UE 2005/33/CE .....	41
B) Recomendación de la Comisión 2006/339/EC .....	42
C) Directiva 2008/50/CE .....	43
D) Directiva 2014/94/UE .....	43
E) Programa RTE-T .....	44
F) Programa Marco Polo.....	45
IV.3 Regulación e Iniciativas a nivel Estatal .....	45
A) Estados Unidos .....	46
B) Bélgica .....	49
C) Países Bajos .....	49
D) Suecia .....	49
E) España .....	51
F) Otros Estados.....	56
V. Ventajas e inconvenientes .....	57
V.1 Ventajas.....	57
A) Aspecto Ambiental .....	59
<i>Fuente: Prospects of cold ironing as an emissions reduction option. ....</i>	<i>59</i>
B) Aspecto Social.....	62
C) Aspecto Económico .....	65
V.2 Desventajas y Barreras.....	68
A) Posibles soluciones a algunas cuestiones.....	69

VI. Conclusiones .....	72
Bibliografía .....	78

## LISTA DE ABREVIACIONES

<b>ABR</b>	At-Berth Regulation
<b>AMP</b>	Alternative Marine Power
<b>CEI</b>	Comisión Electrotécnica Internacional
<b>CI</b>	Cold Ironing
<b>COV</b>	Compuestos orgánicos volátiles
<b>EAC</b>	Environmental Audit Committee
<b>EEA</b>	European Environment Agency
<b>EEDI</b>	Energy Efficiency Design Index
<b>EEOI</b>	Indicador Operacional de Eficiencia Energética
<b>ESPO</b>	European Sea Ports Organization
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>HVSC</b>	<i>High Voltage Shore Connection</i>
<b>IAPH</b>	International Association of Ports and Harbors
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>IEEE</b>	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>MVA</b>	Megavoltiamperio
<b>ODS</b>	Sustancias que agotan el ozono
<b>OECD</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development
<b>OMI</b>	Organización Marítima Internacional
<b>RTE-T</b>	Red Transeuropea de Transporte
<b>SEEMP</b>	Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque
<b>SSE</b>	Shore Side Electricity
<b>TPM</b>	Tonelaje de peso muerto
<b>WPCI</b>	World Ports Climate Initiative

## Lista de Figuras

- Figura 1. Composición de las emisiones producidas por los motores diésel a bordo de buques.
- Figura 2. Simulación de niveles de emisión de SOx y NOx en España en las principales áreas portuarias.
- Figura 3. Simulación de niveles de emisión de SOx y NOx en España en las rutas de navegación cerca de España.
- Figura 4. Terminal AMP en Los Ángeles, Estados Unidos.
- Figura 5. Representación de una configuración SSE típica.
- Figura 6. Ejemplos de cableado, enchufe y conexión a bordo del buque.
- Figura 7. Frecuencia eléctrica utilizada por países.
- Figura 8. Demanda energética de distintos buques en puerto
- Figura 9. Ejemplo de Conexión a través de barcaza.
- Figura 10. Ejemplo de Sistema totalmente integrado en el buque.
- Figura 11. Ejemplo de Sistema contenedor fijo.
- Figura 12. Ejemplos de Sistema integrado en tierra.
- Figura 13. Buques más contaminantes.
- Figura 14. Reducción de emisiones utilizando SSE.
- Figura 15. Gráfico y tabla sobre el nivel de sonido de buques RoRo con y sin SSE.
- Figura 16. Gráfico y tabla sobre el nivel de sonido de buques portacontenedores con y sin SSE.
- Figura 17. Gráfico y tabla sobre el nivel de sonido de cruceros con y sin SSE.
- Figura 18. Evaluación económica de CI en comparación con los precios del combustible.
- Figura 19. Previsión de monetización en 2020 de los beneficios sociales (para SO2 y PM) en el caso de que los buques utilizarasen SSE en vez de Fuel.
- Figura 20: Razones por no introducir SSE

- Figura 21. Representación de una LNG Power Barge.
- Figura 22. Representación de un Smart Port.



## Lista de Tablas

- Tabla 1. Puertos con el mayor porcentaje de emisiones.
- Tabla 2. Consumo de fuel de un buque atracado.
- Tabla 3. Emisiones motores auxiliares según el combustible utilizado (g/kW-hr).
- Tabla 4. Consumo total de GWh por tipo de buque.
- Tabla 5. Tipo de frecuencia utilizada por buques.
- Tabla 6. Frecuencia de algunos puertos con SSE (datos de 2015)
- Tabla 7. Demanda energética de buques que circulan por puertos Europeo.
- Tabla 8. Clasificación de tipos de buques para SSE (datos del 2015).
- Tabla 9. Puertos que disponen de conexiones SSE (WPCI, 2017).
- Tabla 10. Resumen de los requisitos impuestos por la ABR.
- Tabla 11. Compañías que disponen de SSE en el puerto de Los Ángeles.
- Tabla 12. Medidas de apoyo al suministro eléctrico a buques atracados en puerto.
- Tabla 13. Factores a considerar en el análisis de rentabilidad del sistema CI.
- Tabla 14. Puertos españoles con puntos de conexión eléctrica – SSE.
- Tabla 15. Emisiones de los buques y donde repercuten.
- Tabla 16. Reducción de contaminantes a través de SSE.
- Tabla 17. Emisiones de CO<sub>2</sub> en Europa a través de la utilización de SSE en todo tipo de transporte marítimo.

## I. Introducción

La importancia del transporte marítimo para el comercio y el desarrollo mundial se puede constatar en el hecho de que más del 80% del comercio mundial en volumen y más del 70% de su valor es transportado por mar a bordo de buques de distinta variedad y gestionado por miles de puertos en todo el mundo.

Durante su estancia en puerto los buques necesitan constantemente de energía eléctrica para distintos tipos de operaciones, que van desde el funcionamiento de los equipos y servicios básicos a bordo del buque, hasta las operaciones de carga y descarga de buques petroleros, gaseros o graneleros y los servicios de hostelería prestados por los cruceros y ferries.

Hasta muy recientemente para disponer de la energía eléctrica necesaria para operar correctamente, los buques atracados han hecho uso de sus motores diésel auxiliares. Estos motores son utilizados como generadores y son capaces de producir la energía eléctrica suficiente para el correcto funcionamiento del buque, pero al mismo tiempo, combinados con la utilización de combustibles económicos y de baja calidad, resultan extremadamente nocivos para el medio ambiente por la elevada cantidad de gases de efecto invernadero que emiten y por la contaminación del aire y acústica que producen dentro del área portuaria en el que se encuentran, que por lo general está cerca o incluso dentro de una ciudad densamente poblada.

Junto con la aviación, el sector marítimo es uno de los sectores del comercio mundial más contaminantes, y es por esto que en los últimos años el sector marítimo se ha caracterizado por la introducción de numerosas iniciativas para reducir el impacto en el medio ambiente de los buques y del transporte marítimo.

La Organización Marítima Internacional ha establecido unos nuevos índices de eficiencia energética en los proyectos de buques (EEDI - Energy Efficiency Design Index) y planes de gestión de la eficiencia energética del buque para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de buques nuevos y los ya existentes. Entre las numerosas iniciativas la más reciente y destacada ha sido la obligación de que todos los buques en ámbito mundial deberán consumir a partir de 2020 un combustible con un contenido máximo en azufre del 0,5% m/m.

Siguiendo esta misma línea y con el fin de reducir los efectos contaminantes de los buques sobre todo durante su estancia en puerto se ha venido proponiendo una tecnología para suministro de energía eléctrica a buques en puertos, conocido como “Cold Ironing” o “Shore Side Electricity”. El fin de esta tecnología es permitir que los buques, durante su permanencia en puerto, se conecten a la red eléctrica del puerto a través de unas tomas de corriente diseñadas a propósito, para así abastecerse de la energía eléctrica necesaria para llevar a cabo las operaciones y servicios a bordo sin la necesidad de utilizar sus motores auxiliares.

A nivel europeo el proyecto se ha visto implementado a través de la Directiva 2005/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, la cual limita la contaminación del aire que pueden producir los buques atracados en puerto, imponiendo además la regla de que a partir de 2010 los buques atracados deberán utilizar combustibles con un bajo contenido de azufre (0.1 %) o apagar sus generadores y conectarse a la red eléctrica del puerto. Del mismo modo la ESPO (European Sea Ports Organization) tiene identificado la mejora de calidad del aire, la eficiencia energética y la reducción del ruido producido por los puertos y buques atracados en ellos, como los primeros tres objetivos medio ambientales para el año 2017/2018. Ante ello el Cold Ironing es considerado como la mejor opción para conseguir estos objetivos.

El objetivo del presente trabajo es el de estudiar en profundidad distintos aspectos de la “Shore Side Electricity”, empezando por definir en que consiste esta tecnología, su evolución, los factores que han llevado a ella y su regulación para al final extraer una conclusión final sobre la validez de esta tecnología. También se estudiarán aspectos técnicos de esta tecnología, su implementación en los puertos hasta ahora, el impacto que tiene sobre el sector marítimo y los distintos beneficios, que como veremos son numerosos, que el Cold Ironing puede traer tanto para el medioambiente como a las propias navieras y el sector marítimo en su conjunto.

## II. Cold Ironing. Concepto y Factores Impulsores.

### II.1. Concepto.

La Organización Marítima Internacional (OMI) define el Cold Ironing (CI) como una *“medida para mejorar la calidad del aire en los puertos y las ciudades portuarias, y para reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos y ruido y, en menor medida, el dióxido de carbono producido por los buques en el puerto al sustituirse la energía generada a bordo mediante motores diésel auxiliares por electricidad suministrada desde tierra”*.

El concepto básico del *CI* es el de una tecnología y/o proceso que permita a los buques apagar sus generadores eléctricos mientras estén atracados en puerto y conectarse, por una toma de tierra, a la red eléctrica del puerto para abastecerse de la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los equipos y servicios mínimos que el buque necesita mientras se encuentra atracado. De esta manera al menos una parte de las emisiones relacionadas con las actividades del buque atracado se verá reducida, incluso eliminada en algunos casos, mientras las operaciones a bordo podrán continuar ininterrumpidas.

El *CI* también es conocido como *Shore Side Electricity* (SSE) o *Alternative Maritime Power* (AMP). Esta variación de terminología solo se debe al uso que hacen distintas organizaciones, pero la tecnología en sí es igual en todos los casos.

Originariamente el término *“Cold Ironing”* deriva de una antigua expresión marítima que apareció durante la época en que los buques estaban dotados de motores a vapor, los cuales funcionaban gracias a la combustión de carbón. Cuando estos buques atracaban en un puerto, ya no era necesario estar constantemente alimentando a los motores con carbón, por lo que poco a poco los motores se iban enfriando (en inglés *“to cool down”*) hasta apagarse por completo. Posteriormente el término ha entrado en la terminología militar para referirse a aquellos buques que tenían que permanecer durante largos periodos atracados en puerto y necesitaban una vía alternativa para abastecerse de energía eléctrica durante esos periodos de inactividad.

Actualmente la práctica de apagar motores mientras el buque se encuentra atracado es una regla general para la mayoría de los buques, que recurren a sus generadores diésel para recabar la energía eléctrica necesaria para las operaciones que estén realizando durante su permanencia en puerto. A pesar de que la verdadera definición de *cold ironing* no encaja perfectamente con concepto actual, hoy en día el proceso de conectar el buque a la red eléctrica mientras se encuentra atracado ha terminado por conocerse como *Cold Ironing* o *Shore Side Electricity*.

## II.2. Evolución y factores impulsores.

El transporte marítimo es una de las principales piezas del comercio mundial de hoy y la flota mundial está en constante crecimiento, tanto en tamaño como en potencia de los buques. Actualmente la flota mercante mundial consta de 93,161 buques con un tonelaje combinado equivalente a 1.9 mil millones de TPM, capaces de transportar 10.3 mil millones de toneladas métricas de bienes, datos que con el rápido crecimiento económico de Asia ha ido creciendo exponencialmente en los últimos años.

Esta inmensa flota atraca en aproximadamente 6000 puertos en todo el mundo, donde aproximadamente 2000 de ellos se encuentran en Europa. A esto hay que añadir el constante crecimiento de los buques, desde portacontenedores con una capacidad de más de 20 mil TEUs hasta cruceros de dimensiones siempre mayores capaces de transportar más de 6000 pasajeros por todo el mundo. Destaca la noción de que la demanda energética de un solo buque crucero de 100 mil GTs es comparable a la de una pequeña ciudad.

La cuestión está en que mientras se encuentran atracados en un puerto estos buques solo pueden satisfacer su demanda energética a través de sus propios generadores diésel, los cuales generan tanto contaminación acústica como del aire en el puerto y las zonas adyacentes.

Hasta mediados de los años 2000, en comparación con otros sectores de transporte, el sector marítimo estaba prácticamente exento de regulación sobre la contaminación del aire. Pero las crecientes discusiones sobre el efecto invernadero han creado una importante reacción a nivel mundial, que ha llevado

a un incremento de presión política sobre navieros, autoridades portuarias y Estados en todo el mundo para mejorar la calidad del aire en las ciudad y sobre todo en los puertos, que en numerosos casos se encuentran dentro de la propia ciudad.

### A) Factores Medioambientales

El primer factor que vamos a comentar y que ha ayudado a impulsar el desarrollo de la tecnología SSE ha sido de carácter medioambiental, centrándonos sobre todo en las zonas portuarias. Por la actividad que realizan, los puertos son áreas muy activas, son piezas fundamentales para le economía mundial y nacional de un Estado, donde además de ser zonas de alto valor económico sirven sobre todo como punto de partida para la importación y exportación internacional de bienes. Por otro lado los puertos también son una importante fuente de contaminación de todo tipo, exponiendo a la población local a graves problemas de salud y medio ambientales.

- *Tabla 1. Puertos con el mayor porcentaje de emisiones.*

Primeros 10 puertos (emisión de CO <sub>2</sub> )	Porcentaje a nivel global	Primeros 10 puertos (emisión de SO <sub>x</sub> )	Porcentaje a nivel global
1. Singapur	5.9%	1. Singapur	6.5%
2. Hong Kong	2.2%	2. Hong Kong	2.3%
3. Rotterdam	2.0%	3. Port Klang	2.2%
4. Port Klang	1.9%	4. Tianjin	2.1%
5. Tianjin	1.8%	5. Shanghái	2.0%
6. Shanghái	1.7%	6. Fujairah	2.0%
7. Fujairah	1.7%	7. Busan	1.7%
8. Busan	1.4%	8. Kaohsiung	1.6%
9. Kaohsiung	1.4%	9. Ulsan	1.0%
10. Amberes	1.2%	10. Beilun	0.9%
<b>Total:</b>	<b>19.0%</b>	<b>Total:</b>	<b>22.3%</b>

*Fuente: Shipping Emissions in Ports*

Adicionalmente, los motores de los buques están diseñados para que estén funcionando durante largos periodos y para que funcionen con el carburante más barato y de calidad más baja. Esto último desde una perspectiva económica y

operativa del buque resulta extremadamente ventajoso para el operador, pero todo lo contrario para la calidad del aire y la salud pública.

- *Tabla 2. Consumo de fuel de un buque atracado.*

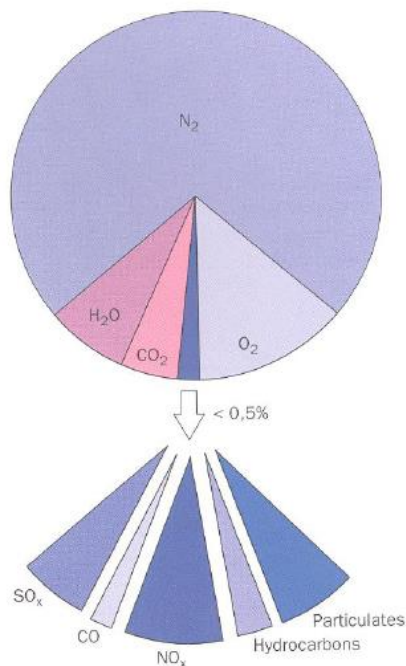
Tipo de Buque	Consumo de fuel en puerto (kg fuel/1000 gt hr.)	Tiempo atracado medio	Porcentaje de fuel para la generación de electricidad	Kg fuel/1000 gt/atracado
Petroleros	19.3	28	18%	97
Quimiqueros y otros buque tanque	17.5	24	15%	63
Bulk Carriers	2.4	52	64%	80
Portacontenedores (incluido reefers)	5.0	21	45%	47
Carga General	5.4	25	66%	89
Ferries y RoRo	6.9	24	50%	83
Cruceros	9.2	28	75%	197

*Fuente: ECOFYS*

Como hemos mencionado en nuestra Introducción, durante su estancia en puerto los buques como regla general apagan sus motores de propulsión y utilizan sus motores diésel auxiliares para producir la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los distintos equipos a bordo y para las distintas actividades que tiene que realizar o los servicios prestados a bordo. Pero estos motores auxiliares producen una elevada cantidad de emisiones, siendo las principales las siguientes: óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y material particulado (PM) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre otros. En relación con esto último destaca el dato según el cual el sector marítimo es responsable de aproximadamente el 3% de la emisión global de CO<sub>2</sub> y de gases de efecto invernadero (GEI), equivalente a mil millones de toneladas, a la par con la aviación y aunque cinco veces menos que el tráfico por carretera.



- *Figura 1. Composición de las emisiones producidas por los motores diésel a bordo de buques.*



- N<sub>2</sub> – Nitrógeno
- O<sub>2</sub> – Oxígeno
- CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono
- CH<sub>4</sub> – Metano
- H<sub>2</sub>O – Vapor de agua
- Partículas – PM10 (Partículas respirables), PM2.5 (Partículas finas)
- Hidrocarburos
- NO<sub>x</sub> – Óxido nítrico
- CO – Monóxido de carbono
- SO<sub>x</sub> – Óxidos de azufre

*Fuente: Energy demand and exhaust gas emissions of marine engines*

- *Tabla 3. Emisiones motores auxiliares según el combustible utilizado (g/kW-hr).*

Combustible	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>
Fueloil destilado (0.1% S)	0.09	1.10	690	13.9	0.25	0.35	0.40
Fueloil destilado (0.5% S)	0.09	1.10	690	13.9	0.38	0.35	2.10
Heavy Fuel Oil	0.09	1.10	722	14.7	1.50	1.46	11.10

*Fuente: Shipping Emissions in Ports*

Haciendo un enfoque en la península ibérica y España, esta se encuentra entre dos principales rutas de transporte marítimo y por ello el transporte marítimo en dicha zona deja trazas significativas de contaminantes atmosféricos, entre los cuales Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y el Óxido nítrico (NO<sub>x</sub>).

Cuando los buques se encuentran en proximidad de un puerto o están atracados, como hemos afirmados, la contaminación afecta directamente a la población de las ciudades portuarias y áreas cercanas. Ante esto la conexión de los buques a



de a las redes eléctricas evitaría que las altas concentraciones de estos contaminantes excedan los límite establecidos por organizaciones internacionales.

La organización que ha establecido estos límites de niveles de contaminantes es la Organización Mundial de la Salud (OMS), que en el caso del Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y del Óxido nítrico (NO<sub>x</sub>) ha impuesto unos límites de aproximadamente 20 y 40 µg/m<sup>3</sup> (microgramos por metro cúbico) respectivamente. Sobre estos contaminantes, la OMS considera que al superar estos límites la población estará sujeta a los siguientes riesgos:

- “El SO<sub>x</sub> puede afectar al sistema respiratorio, las funciones pulmonares y causa irritación en los ojos. La inflamación del sistema respiratorio provoca tos, secreción mucosa y agravación del asma y bronquitis crónica; también aumenta la propensión de las personas a contraer infecciones del sistema respiratorio. Está demostrado que los ingresos hospitalarios por enfermedades cardíacas y mortalidad aumentan en los días en que los niveles de SO<sub>x</sub> son más altos. En combinación con el agua, el SO<sub>s</sub> se convierte en ácido sulfúrico, que es el componente principal de la lluvia ácida causante de la deforestación”
- “Estudios epidemiológicos han demostrado que los síntomas de la bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada al NO<sub>x</sub>. La disminución en el desarrollo de la función pulmonar también está asociada con las concentraciones de NO<sub>x</sub> registradas (u observadas) ciudades europeas y norteamericanas”

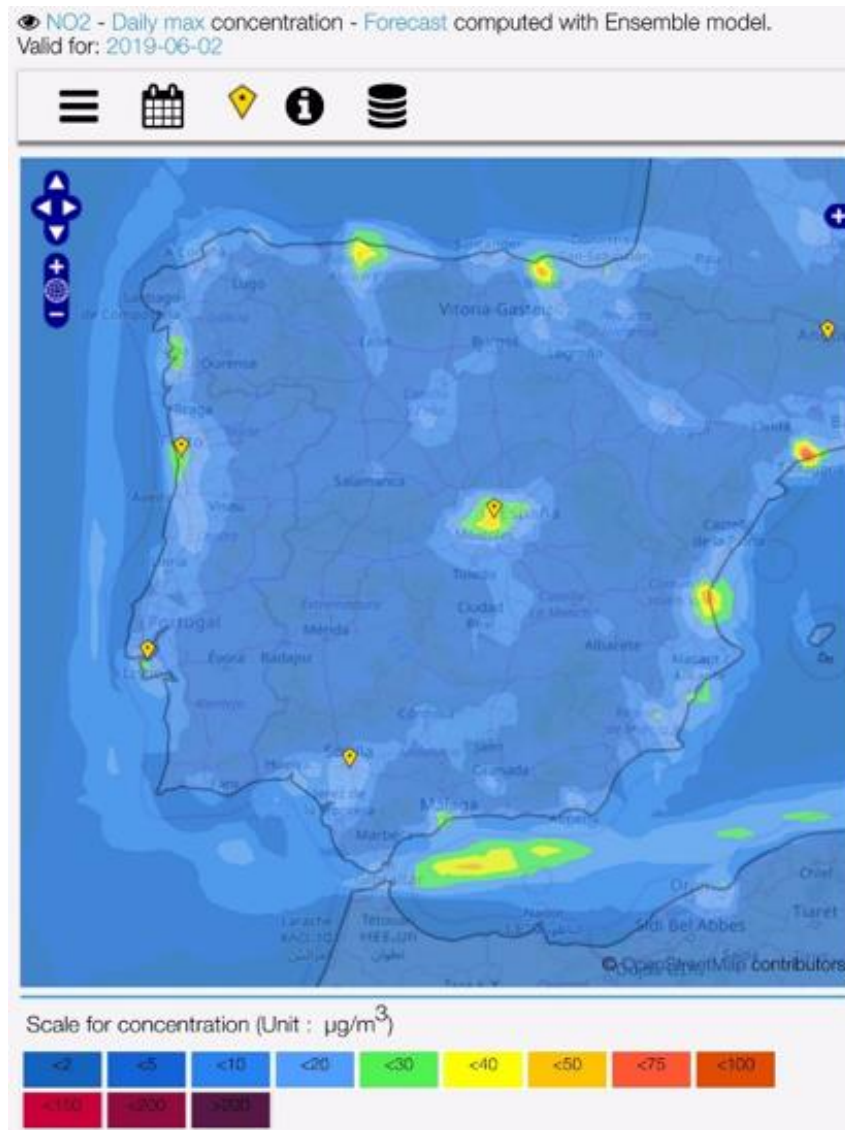
En los mapas a continuación, basados en simulaciones del programa europeo Copernicus ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)<sup>1</sup>, se muestran las trazas de emisión de Óxidos de azufre y Óxidos de nitrógeno de las principales rutas de los buques en navegación cercanas a España, así como la concentración de dichos contaminantes en las grandes ciudades portuarias, y

---

<sup>1</sup> Copernicus es el programa insignia de observación de la Tierra de la Comisión Europea. Ofrece datos operativos y servicios de información de acceso gratuito que proporcionan a los usuarios datos fiables y actualizados relacionados con asuntos medioambientales y de seguridad.

sus los niveles actuales en comparación a los establecidos por la OMS y descritos anteriormente, que como se puede observar están considerablemente por encima de los límites impuestos.

- *Figura 2. Simulación de niveles de emisión de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> en España en las principales áreas portuarias.*



Fuente: OPS Master Plan for Spanish Ports

- *Figura 3. Simulación de niveles de emisión de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> en España en las rutas de navegación cerca de España.*



Fuente: OPS Master Plan for Spanish Ports

## B) Directivas y Recomendaciones

Otro importante factor es el de la regulación. Como hemos comentados una característica de los combustibles marinos es que contienen una elevada cantidad de azufre que contribuye a la contaminación del aire a través de la emisión de SO<sub>x</sub>, frente a ello destaca en primer lugar la Directiva 2005/33/EC de la UE en la que se compromete a reducir las emisiones del transporte marítimo obligando a que los buques, mientras estén atracados en un puerto de un país miembro, utilicen un combustible con un bajo contenido de azufre.

Ante esto a nivel internacional destaca el Anexo VI del Convenio MARPOL de la Organización Marítima Internacional (OMI), formalizado en 2004 y que entro en vigor en el 19 de mayo de 2005. La importancia de este Anexo al Convenio MARPOL se debe a que es la primera significativa acción internacional para reducir las emisiones del transporte marítimo. El anexo introduce una serie de límites en el nivel de azufre que deben contener los combustibles marinos, 4,5% en todo el mundo a excepción de las Zonas de Control de Emisiones (Mar del Norte, Mar Báltico y el Canal de la Mancha en el momento de entrada en vigor del anexo) donde el limite será del 1,5% y que se deben aplicar tanto en navegación como cuando el buque está atracado en puerto. Como veremos en el apartado correspondiente, a partir del año 2020 entrarán en vigor unos nuevos límites.

A nivel europeo uno de los principales factores impulsores del SSE ha sido la directiva de la Unión Europea 2005/33/EC que ha entrado en vigor en enero de 2010, y afecta a cada buque que este atracado en un puerto europeo por un tiempo superior a dos horas.

Destaca también la recomendación 2006/339/EC de la UE, dirigida a todos los Estados Miembros, en la que se propone reducir la emisión de buques instando a las autoridades portuarias para que faciliten a suministro eléctrico por toma de tierra a aquellos buques atracados en puertos europeos. En la recomendación destaca la siguiente propuesta a los Estados Miembros:

*“Los Estados miembros deben considerar la instalación de electricidad en puerto para su uso por parte de los buques atracados en los puertos, particularmente en los puertos donde se exceden los valores límite de calidad del aire o existe inquietud pública por los altos niveles de molestias acústicas, y especialmente en amarres situados cerca de zonas residenciales”.*<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Unión Europea. Recomendación (UE) 2006/339 de la Comisión, de 8 de mayo de 2006, sobre el fomento del uso de electricidad en puerto por los buques atracados en puertos comunitarios.

### C) Programa AMP

Por último, destaca por ser el primero de carácter proactivo, el llamado programa *Alternative Maritime Power* (AMP) impuesto de la ciudad de Los Ángeles, EEUU. En 2001 el alcalde de dicha ciudad introdujo una política de *No Net Emission Increase* específica para el puerto de Los Ángeles. El fin de esta política era de reducir y mantener a niveles bajos las emisiones producidas por las actividades del puerto, y para conseguir ese objetivo se desarrolló el programa AMP.

- *Figura 4. Terminal AMP en Los Ángeles, Estados Unidos.*



*Fuente: Port of los Angeles*

El programa AMP se analizará con más detalle en el capítulo IV del presente trabajo, relativo al a las distintas regulaciones e iniciativas relacionadas con la SSE.



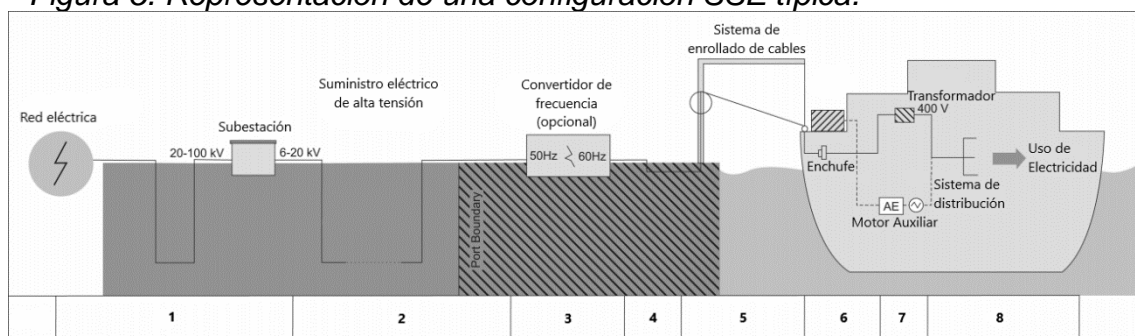
### III. Aspectos Técnicos.

#### III.1. Configuración de un Sistema de SSE

No existe una norma general sobre cómo tiene que estar compuesto un sistema de SSE, sino distintas configuraciones. Una de las más completa la podemos encontrar en la Recomendación 2006/339/EC de la UE mencionada anteriormente la cual en su Anexo, en primer apartado de “Requisitos técnicos: configuración típica”, recoge los requisitos típicos de una conexión de electricidad en puerto que son los siguientes:

1. Conexión a la red nacional que transporta electricidad de 20 a 100 kV desde una subestación local, donde se transforma a entre 6 y 20 kV.
2. Cables para distribuir la electricidad de entre 6 y 20 kV desde la subestación a la terminal portuaria.
3. Conversión eléctrica, en caso necesario<sup>3</sup>.
4. Cables para distribuir la electricidad a la terminal. Éstos pueden instalarse bajo tierra en conductos existentes o nuevos.
5. Sistema de enrollado de cables para evitar la manipulación de cables de alta tensión.
6. Conexión a bordo del buque para conectar el cable.
7. Transformador a bordo del buque para transformar la electricidad de alta tensión a 400 V.
8. La electricidad se distribuye por el buque, y los motores auxiliares se apagan.

- Figura 5. Representación de una configuración SSE típica.



Fuente: Elaboración Propia

<sup>3</sup> El suministro eléctrico en la UE suele tener una frecuencia de 50 Hz. Los buques diseñados para electricidad de 60 Hz podrían utilizar electricidad de 50 Hz en algunos de los equipos abordo tales como la iluminación y la calefacción pero no en los equipos como bombas, chigres y grúas. Por lo tanto, un buque que utilice electricidad de 60 Hz requeriría la conversión de la electricidad de 50 Hz.

- *Figura 6. Ejemplos de cableado, enchufe y conexión a bordo del buque.*



*Fuete: CAVOTEC*

E cuanto a la conexión eléctrica, para los buque preferible es la de alta tensión, esto porque un cable de alta tensión permite transferir 25 veces más electricidad que un cable de 400 V de la misma dimensión, lo cual resulta mejor considerando que cada buque consume distintas cantidades de energía. En la tabla 4 se puede observar el consumo de electricidad de distintos buques

Adicionalmente los cables de alta tensión requieren de menos presupuesto, tienen costes de mantenimiento inferiores a los de baja tensión, y el hecho de que los cables de alta tensión sean simples y ligeros facilita el proceso de conexión. En la práctica, el hecho de que un puerto pueda suministrar energía eléctrica de alto voltaje a través de un único cable de alto voltaje permite que las operaciones sean más rápidas, seguras y simples.

– Tabla 4. Consumo total de GWh por tipo de buque.

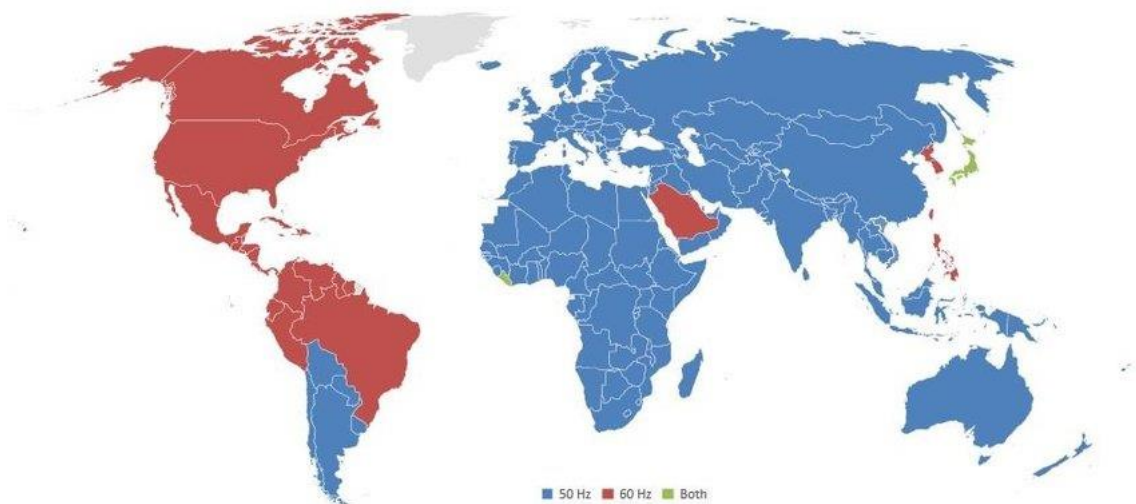
Tipo de Buque	Transporte 2020 (Gt)	GT media por buque	Numero de atracos	Consumo electro anual (toneladas)	GWh anual
Petroleros	1,400 m toneladas	46,135	30,346	135,800	760
Bulk Carriers	1,000 m toneladas	25,430	19,073	80,000	448
Portacontenedores (incluido reefers)	2,200 m toneladas	28,855	76,243	103,400	579
Carga General	211 m toneladas	3,548	61,018	18,779	105
Ferries y RoRo	250 m toneladas	26,171	9,553	20,750	116
Cruceros		83,650	16,119	260,232	1334
			<b>Total</b>	<b>618,961</b>	<b>3,342</b>

Fuente: ECOFYS

### III.2. Barreras técnicas

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta con respecto a la SSE es la frecuencia eléctrica que se utiliza en el puerto y a bordo de los buques. Los niveles de tensión de una red eléctrica en tierra varían de puerto en puerto y aún más de país a país. En Europa, Asia y África la frecuencia de la red eléctrica es de 50 Hz mientras que en la América del Norte, Centra y sur es de 60 Hz.

- Figura 7. Frecuencia eléctrica utilizada por países.



Fuente: Electric Power Distribution in the World: Today and Tomorrow



De la misma manera la frecuencia eléctrica utilizada a bordo de un buque puede ser de 50 o 60 Hz. Existe la posibilidad de que un buque diseñado con una frecuencia eléctrica a bordo de 60 Hz, utilice la de 50 Hz para ciertos equipos como iluminación y calefacción, pero no puede para operar equipos motorizados como bombas, chigres y grúas.

- *Tabla 5. Tipo de frecuencia utilizada por buques.*

Tipo de Buque	50 Hz	60 Hz
Buque portacontenedores (<140m)	63%	37%
Buque portacontenedores (>200m)	6%	94%
Total buques portacontenedores	26%	74%
RoRo y Ferries	30%	70%
Petroleros y Gaseros	20%	80%
Cruceros (<200m)	36%	64%
Cruceros (>200m)	-	100%
Total Cruceros	17%	83%

*Fuente: ECOFYS.*

La electricidad de alto voltaje suministrada a los buques tiene que ser bajada al nivel utilizado a bordo a través de un transformador. De todos modos, aunque los transformadores están normalmente diseñados para convertir la electricidad a único nivel de voltaje, distintos puertos tiene acceso a distintos voltajes en su red eléctrica, por lo tanto el voltaje disponible en los puertos varía y los transformadores no puede funcionar sin arreglos especiales.

Es importante también tener en cuenta el máximo nivel de energía que necesita la SSE. Un nivel de energía ideal debe cubrir todas las necesidades de los buques conectado buque, pero esto depende sobretodo del tráfico que tenga el puerto. Aunque la mayoría de los puertos tienen acceso a energía eléctrica de distintos voltajes, los costes para suministrar energía de alto voltaje pueden variar significativamente si resulta necesaria una inversión para la instalación de estaciones para la conversión de frecuencia. En los puertos cercanos a una zona residencial o industrial, tendrán la disponibilidad inmediata o cercana de energía a medio voltaje (6.6-11 kV). Por otro lado los puertos que solo disponen de energía de bajo voltaje (400-480 V) deberán analizar las necesidades de los

buques que visiten el puerto para determinar si resulta beneficioso expandir la red eléctrica.

- *Tabla 6. Frecuencia de algunos puertos con SSE (datos de 2015)*

Puerto	País	Frecuencia (Hz)	Voltaje (kV)	Voltaje (V)
Lübeck	Alemania	50	6	-
Hamburgo	Alemania	50 - 60	6,6 - 11	-
Brujas	Bélgica	50	6,6	-
Amberes	Bélgica	50 - 60	6,6	-
Vancouver	Canadá	60	6,6 - 11	-
Prince Rupert	Canadá	60	6,6	-
Pittsburg	EEUU	60	-	440
Juneau	EEUU	60	6,6 - 11	-
Los Angeles	EEUU	60	6,6	-
Seattle	EEUU	60	6,6 - 11	-
San Diego	EEUU	60	6,6 - 11	-
San Francisco	EEUU	60	6,6 - 11	-
Long Beach	EEUU	60	6,6 - 11	480
Kemi	Finlandia	50	6,6	-
Kotka	Finlandia	50	6,6	-
Oulu	Finlandia	50	6,6	-
Oslo	Noruega	50	11	-
Rotterdam	Países Bajos	60	11	-
Gotemburgo	Suecia	50 - 60	6,6 - 11	400
Karlskrona - Verkö	Suecia	50	-	-
Ystad	Suecia	50 - 60	11	-
Trelleborg	Suecia	50	10,5	-
Piteå	Suecia	50	6	-
Estocolmo	Suecia	50	-	400 - 690
Helsingborg	Suecia	50	-	400 - 440

*Fuente: Estudio y dimensionamiento de una instalación de suministro de energía eléctrica a buques desde tierra basada en la tecnología onshore power supply.*

- *Tabla 7. Demanda energética de buques que circulan por puertos Europeo.*

Tipo de buque	Demanda media de energía eléctrica (kW)	Máximo de demanda de energía eléctrica (kW)	Máximo de demanda de energía eléctrica para 95% de los buques (MW)
Buque portacontenedores	800	2000	4
RoRo y Ferries	1500	2000	1.8
Petroleros	1400	2700	2.5
Cruceros (<200m) y Gaseros	4100	7300	6.7
Cruceros (>200m)	7500	11000	9.5

*Fuente: ECOFYS*

- Tabla 8. Clasificación de tipos de buques para SSE (datos del 2015).

Tipo de buque	Máximo de demanda de energía eléctrica por buque	Numero relativo de buques (global)	MWh/a por buque	Demanda media de energía por buque por conexión SSE
Crucero	7-10 MW	525	2540	254-363
RoRo y ferries	2 MW	793	146	73
Portacontenedores (incluido reefers)	4 MW	4928	117	29
Petroleros	4 MW	7562	100	25

Fuente: ECOFYS

### III.3 Conexiones SSE de Alta Tensión.

La estandarización es la pieza clave para la unificación de los equipos SSE, evitando así diferencias de carácter técnico entre términos de seguridad operacional, seguridad de los sistemas y normalización de los elementos de conexión.

Una de las organizaciones claves que ha trabajado en la estandarización de regulaciones sobre sistemas SSE ha sido la *Comisión Electrotécnica Internacional* (CEI)<sup>4</sup>. Estas labores de estandarización fueron llevadas a cabo por la Comisión Técnica del CEI nº 18 *Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units*, el Subcomité del CEI nº 23H *Industrial Plugs and Socket-Outlets*, Comisión Técnica CEI nº 23 *Electrical Accessories*, Comisión

---

<sup>4</sup> Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). Organización internacional cuya misión es la de desarrollar la normalización internacional, a través de la cooperación entre sus miembros, de todo lo que esté relacionado con la estandarización electro- técnica. El CEI cubre toda materia de ámbito eléctrico.

Técnica ISO<sup>5</sup> nº 8 *Ships and Marine Technology*, y el Grupo de trabajo del IEEE<sup>6</sup> P171 *Electrical Shore-to-Ship Connections*.

La primeras reuniones de representantes del grupo de trabajo de la CEI se celebró en septiembre 2006 y en diciembre de 2006, tras ellas el CEI comenzó a cooperar con un grupo de representantes de la ISO, y en diciembre de 2008 la CEI empezó otra cooperación con los representantes del IEEE. El grupo CEI / ISO / IEEE se reunió 8 veces entre diciembre 2008 y octubre 2011

Finalmente en julio 2012 el grupo CEI / ISO / IEEE presentó el primer Estándar Internacional para sistemas SSE de Alta Tension, denominado como *IEC/ISO/IEEE 80005-1 Utility Connections in Port-Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General Requirements*, sustituyendo así el anterior estándar de 2009 (IEC/PAS 60092 -510:2009 *Electrical installations in ships – Special features – High Voltage Shore Connection Systems – HVSC Systems*).

La posición principal del *IEC/ISO/IEEE 80005-1* es que la transmisión de electricidad del muelle al buque atracado en el puerto debe realizarse a un voltaje medio, que es estandarizado y comúnmente llamado Alto voltaje. La norma consta de 12 capítulos y 6 anexos, 5 de los cuales establecen requisitos adicionales según distintos tipos de embarcaciones. El sexto anexo recoge detalles sobre el cable de conexión entre el muelle y el buque.

En la norma se detallan los principales problemas de estandarización relacionados con las conexiones SSE:

- Asignación de la potencia de los sistemas marinos desde 1 MVA a 20 MVA,

---

<sup>5</sup> Organización Internacional de Normalización (ISO). Organización internacional para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de estandarización. Promueve el uso de estándares propietarios, industriales y comerciales a nivel mundial en 196 países.

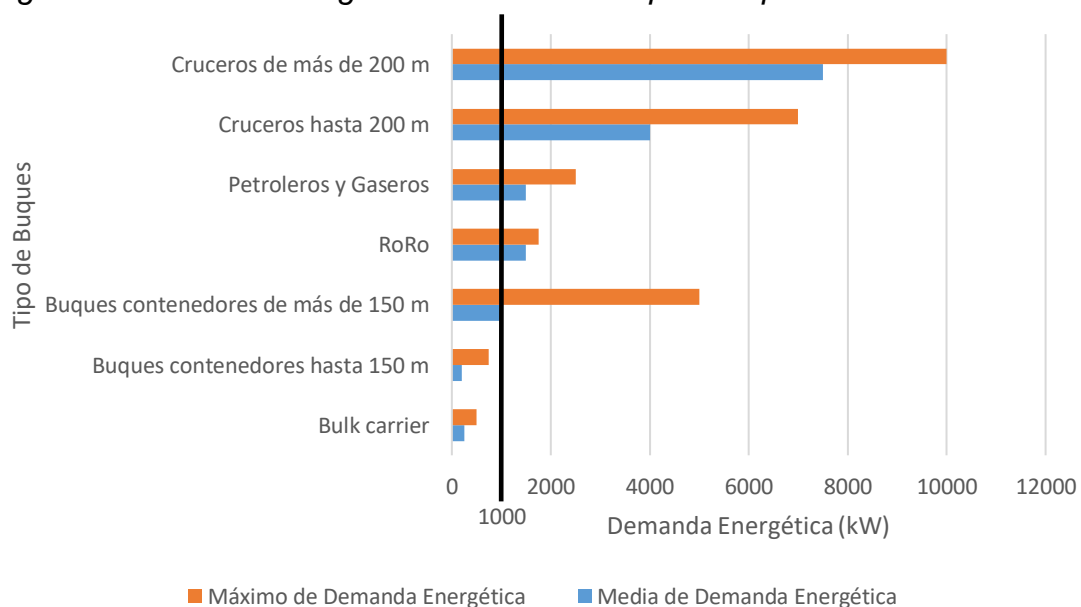
<sup>6</sup> Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE). Asociación profesional mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas de ámbito eléctrico.

- Parámetros para el suministro de voltios de entre 6.6 kV o 11 kV, 50 o 60 Hz (IEC60038 permite rangos: 6-6.6 y 10-11 kV),
- Calidad de los voltios de suministro existentes en los sistemas marinos,
- Separación galvánica entre el terreno eléctrico y red marina,
- Disponibilidad de enchufes y tomas estándares en sistemas de alta tensión,
- Requisitos para dispositivos e instalaciones marinas,
- Requisitos para dispositivos e instalaciones terrestres,
- Requisitos para los sistemas del buque durante la conexión a la instalación terrestre.

Es importante señalar como la norma disponga que la transición desde los generadores diésel a bordo del buque a la toma de tierra y viceversa se realizaran de manera ininterrumpida gracias a la sincronización.

Como ya hemos mencionado, el estándar *IEC / ISO / IEEE 80005-1* incluye requisitos aplicables a los buques, cuyo requerimiento voltios varía entre 1 MVA a 20 MVA. A pesar de ello, como se puede observar en la siguiente tabla existen ciertos buques que no requieren una gran demanda de potencia durante su estancia en puerto (<1 MVA).

- *Figura 8. Demanda energética de distintos buques en puerto.*



*Fuente: International standardization in the design of "shore to ship"- power supply systems of ships in port*

### III.4 Conexiones SSE de Baja Tensión.

En el caso de demanda de electricidad a baja tensión, no existe ninguna necesidad de incluir sistemas de transmisión de energía a altos voltajes. Los grupos de trabajo CEI / ISO / IEEE trabajaron en la estandarización para sistemas aplicables a buques no cubiertos por el estándar *IEC / ISO / IEEE 80005-1*, es decir, buques con una demanda de potencia en el puerto por debajo de 1 MVA.

Al igual que la norma relativa a los estándares de Sistemas SSE de Alta Tensión, los mismos grupos prepararon un estándar para Sistemas SSE de Baja Tensión. En agosto 2014 se adoptó una versión preliminar del *IEC/ISO/IEEE 80005-3 standard: 2014 Utility connections in port – Part 3: Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems – General requirements*. Este estándar describe las conexiones a tierra de baja tensión como aquellas que no superan los 250 A (con un máximo de 125 A por cable) y una tensión no superior a 300 V en relación con tierra. Los buques, que superan estos valores, deberán utilizar sistemas de SSE de Alta Tensión.

El estándar *IEC/ISO/ IEEE 80005-3* recoge los elementos básicos del sistema, tanto en tierra como a bordo del buque, y es aplicable al diseño, la instalación, las pruebas de sistemas las conexiones de baja tensión y las siguientes cuestiones:

- Sistemas de distribución de Baja Tensión costera,
- Conexiones de tierra a buque y equipo de interfaz,
- Transformadores/reactores,
- Convertidores semiconductores/rotativos,
- Sistemas de distribución de los buques,
- Control, monitoreo, enclavamiento,
- Sistemas de gestión de energía.

Adicionalmente el Estándar enumera los requisitos relativos a la seguridad del sistema de SSE de Baja Tensión (sistemas de control, vigilancia y seguridad).

*IEC/ISO/IEEE 80005-3* también enfatiza que el sistema SSE no puede ser usado durante el atraque de buques en astilleros.

El primer puerto en el que se instaló un sistema de SSE de Baja Tensión, según el estándar *IEC/ISO/IEEE 80005-3*, fue el puerto de Bergen en Noruega. La construcción del sistema SSE concluyó en 2016, garantizando una fuente de alimentación con una tensión de 440 o 690 V y una frecuencia de 50 o 60 Hz. El cable de alimentación presente el muelle (existe la opción de usar 1 o 2 cables) tiene una longitud de 30 metro, y los elementos de conexión (enchufes y tomas de corriente) fueron diseñados de acuerdo con el presente Estándar.

### III.5 Tipo de conexiones a puerto.

Existen diversos tipos de tipos de conexión con las que se puede suministrar de energía eléctrica buque, entre las cuales encontramos que el suministro se puede realizarse a través de 1) una barcaza (*Barge System*), 2) con un sistema integrado en su totalidad en el buque (*Fully Ship Integrated System*), 3) a través de un contenedor semifijo (*Semi Fixed Container*) o 4) un sistema integrado en tierra (*Shore Based System*).

Los sistemas de conexión anteriores se describen a continuación:

1. **Barge System** (*Sistema a través de barcaza*): todos los equipos necesarios para hacer la conexión, cables de alto y/o bajo voltaje, el transformador y otros aparatos como grúas, se encuentran en una barcaza, que a su vez se encuentra en proximidad del buque y del muelle.
- *Figura 9. Ejemplo de Conexión a través de barcaza.*

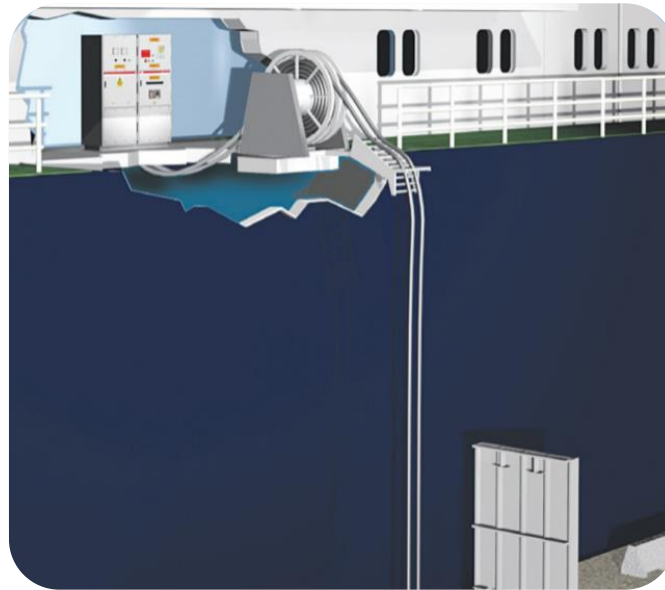


Fuente: CAVOTEC



2. **Fully Ship Integrated System** (*Sistema totalmente integrado en el buque*): en este caso todos los elementos necesarios para conectar el buque (cables de alto y/o bajo voltaje, el panel de conexión a tierra y el transformador) se encuentran a bordo del propio buque. Este tipo de conexión solo es posible si el buque es diseñado desde el primer momento con la posibilidad de que utilice conexiones de tierra SSE.

- *Figura 10. Ejemplo de Sistema totalmente integrado en el buque.*



Fuente: ABB

3. **Semi Fixed Container** (*Sistema con contenedor fijo*): los equipos eléctricos necesarios se encuentran en uno o más contenedores fijos, incluyendo el panel de conexión y el transformador. Incluso los cables de alto y/o bajo voltaje pueden estar dentro del propio contenedor.

- *Figura 11. Ejemplo de Sistema contenedor fijo.*



Fuente: Wartsila



4. **Sistema integrado en tierra (Shore Based System):** En este último caso todos los equipos necesarios para hacer la conexión se encuentran en el muelle y estos incluyen los cables de alto y/o bajo voltaje, el panel de conexión a tierra y el transformador.

- *Figura 12. Ejemplos de Sistema integrado en tierra.*



Fuente: Ship Technology

- *Tabla 9. Puertos que disponen de conexiones SSE (WPCI, 2017).*

Año Instalación	Puerto	País	Año Instalación	Puerto	País
2000	Gotemburgo	Suecia	2010	Verko, Kariskorna	Suecia
2000	Zeebrugge	Bélgica	2010	Ámsterdam	Paises Bajos
2001	Jeneau	EEUU	2011	Long Beach	EEUU
2004	Los Ángeles	EEUU	2011	Oslo	Noruega
2005	Seattle	EEUU	2011	Prince Rupert	Canadá
2006	Kemi	Finlandia	2012	Rotterdam	Países Bajos
2006	Kotka	Finlandia	2012	Oakland	EEUU
2006	Oulu	Finlandia	2012	Ystad	Suecia
2006	Estocolmo	Suecia	2012	Helsinki	Finlandia
2006	Bergen	Noruega	2013	Telleborg	Suecia
2008	Amberes	Bélgica	2014	Riga	Letonia
2008	Lubeck	Alemania	2015	Bergen	Noruega
2009	Vancouver	Canadá	2015	Hamburgo	Alemania
2010	San Diego	EEUU	2015	Civitavecchia	Italia
2010	San Francisco	EEUU			

Fuente: WPCI

### III.6 Proceso de Implementación

De acuerdo con *World Ports Climate Initiative (WPCI)*, la iniciativa internacional cuyo objetivo primario esta en la reducción de emisiones atmosféricas

contaminantes y que está formada por una multitud de Estados y organismos internacionales, se han establecido unas series de etapas/"steps" que tiene que seguir el proceso de implementación de la tecnología SSE en un puerto.

La guía para la implementación de la SSE se puede considerar como un proceso cíclico formado por las siguientes fases:

- A) Plan (Planificación)
- B) Do (Implementación)
- C) Check (Inspección)
- D) Act (Mejora)

Es importante señalar la importancia de tener en cuenta a todas partes interesadas durante todo el proceso. Entre ellas encontramos potenciales compañías navieras, propietarios de los bienes, autoridades locales de medio ambiente, proveedores de la tecnología, proveedor local de energía eléctrica, constructores de buques, autoridad portuaria, el operador de la terminal, y en el caso de que el puerto se encuentre dentro de una zona poblada, también habrá que tener en cuenta esta última y quienes habitan en ella. Como veremos el siguiente capítulo este proceso será retomado en por España para evaluar la implementación de SSE en un puerto español.

### **A) Planificación**

El primer paso en la implementación de la SSE es la de la Planificación y las actividades que deben realizarse durante esta etapa son las siguientes:

- Aprovechar la experiencia y conocimiento de otros puertos con tecnología SSE.
- Estudiar y determinar qué tipo de buque encajaría mejor en con esta tecnología, teniendo en cuenta que buques realizan un mayor número de escalas realizan en el puerto, los de mayores estancias y los mayores emisiones.
- Determinar el enfoque técnico teniendo en cuenta los sistemas eléctricos, voltajes, frecuencias, calidad de combustible y consumo de combustible en los buques.

- Realizar una estimación que la reducción de emisiones para los buques que consumen combustible, comparado con la utilización de SSE.
- Estimar la rentabilidad y la eficacia ambiental (incluyendo la reducción de ruido para los trabajadores, legislación y normativa, inversión para el puerto y para los buques).
- Presentar los resultados anteriores y comprobar el interés de los principales interesados en instalar equipos de SSE.
- Realizar una estrategia a largo plazo donde se tiene en cuenta la SSE en el caso de construcción de nuevos muelles y buques.

## **B) Implementación**

El siguiente paso definido por la WPCI es el de la Implementación y las actividades que deben realizarse durante la etapa son:

- Seleccionar el tipo de buque con mayor rentabilidad y beneficio medioambiental (incluyendo reducción de ruido).
- Escoger la mejor solución tecnológica y considerar los problemas más importantes (incorporarlo a construcciones existentes, infraestructura eléctrica, posición del cable, tanto fijo como móvil, del muelle al buque).
- Si es posible, producir la energía eléctrica con la que se va a abastecer a los buques a partir de fuente de energía renovable.
- Acordar el establecimiento comercial entre la autoridad portuaria, el operador de la terminal y la compañía naviera; determinar quién realiza la inversión o da incentivos económicos.
- Establecer un Memorando de Entendimiento con el cliente como requisito en los nuevos contratos con nuevos operadores de terminales.
- Implementar la tecnología en ambos lados del muelle y en los barcos.
- Establecer un plan de comunicación y compartir el trabajo con la comunidad, los clientes, los empleados, la autoridad local, etc.

## **C) Inspección**

El tercer paso a realizar consiste en el de la inspección y las actividades que deben realizarse durante esta fase son las siguientes:

- Monitorizar el progreso económico y medioambiental tras la instalación.
- Realizar una evaluación de la implementación de la SSE con pros y contras.

#### **D) Mejora**

Por ultimo encontramos la etapa de Mejor de todo el proceso anterior. Esta fase implica las siguientes actividades:

- Introducir mejoras basadas en la evaluación y monitorización realizada en la fase anterior.
- Mantener informados a las partes interesadas y la comunidad portuaria con los resultados y logros obtenidos.
- Siempre que sea posible, discutir el desarrollo de la SSE, el potencial ambiental y los incentivos económicos con las autoridades, los políticos, la industria naviera y las organizaciones marítimas, para así fomentar su implementación.
- Colaborar con otros puertos y compartir experiencia y resultados.
- Aumentar el uso de la SSE a otros buques en el puerto.
- Combinar la SSE con otras formas de reducir emisiones.

## **IV. Regulación e Iniciativas de SSE**

En el siguiente capítulo se pasara a estudiar cómo se ha ido regulando la tecnología SSE a nivel internacional, Europeo y estatal, entrando en la regulación e iniciativas llevadas a cabo por distintos Estados Miembros de la UE y España.

### **IV.1 Regulación a nivel Internacional**

A nivel internacional no existen normas que obligan directamente a la utilización de SSE. La Organización Marítima Internacional ha adoptado unos umbrales y medidas obligatorias para reducir las emisiones de los buques a nivel internacional, pero de todos modos los Estados tiene completa libertad para establecer sus propios estándares respecto a los buques atracados en sus puertos.

A pesar de la falta de normativa internacional que regule directamente la tecnología SSE, si cabe mencionar unas iniciativas internacionales que pueden ser consideradas como importantes motores para el desarrollo del SSE.

#### **A) World Ports Climate Initiative**

El WPCI surge en 2008 cuando la *International Association of Ports and Harbors* (IAPH) solicita a su Comité para Medio Ambiente Portuario, en consulta con las Organizaciones Portuarias regionales, que proporcione un mecanismo para ayudar a los puertos a combatir el cambio climático.

Compuesto por aproximadamente 60 puertos de todo el mundo, el WPCI nace con los siguientes objetivos:

- Concienciar a la comunidad portuaria de necesidad de acción frente al cambio climático.
- Iniciar estudios, estrategias y acciones para reducir GEI, emisiones y mejora de la calidad del aire;
- Proporcionar una plataforma para el sector portuario que facilite el intercambio de información;
- Poner a disposición información sobre los efectos del cambio climático en el medio ambiente marítimo y las medidas para su mitigación.

En 2009, para hacer frente al problema del cambio climático, el WPCI desarrolla una importante iniciativa de promoción del SSE para reducir la contaminación del aire y los GEI en los puertos. Esta iniciativa se vio apoyada por la IAPH y las autoridades portuarias de Ámsterdam, Amberes, Gotemburgo y Hamburgo.

## **B) Organización Marítima Internacional**

La OMI ha estado trabajando para reducir los impactos dañinos del transporte marítimo en el medio ambiente desde los años 60. El primer paso se dio con el *Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques* (Convenio MARPOL o MARPOL 73/78), un convenio internacional para la prevención de la contaminación por actividades marítimas. MARPOL consiste en el propio Convenio, dos protocolos y seis anexos. El Convenio entró en vigor en 1973, el protocolo en 1978 y MARPOL 73/78 en su completo entró finalmente en vigor oficialmente el 2 de octubre 1983.

En 1997, con el Anexo VI al Convenio, se adoptó la primera medida internacional obligatoria para reducir la contaminación del aire proveniente del transporte marítimo. A partir de enero 2018, el convenio ha sido ratificado por 156 Estados, siendo estos Estados propietarios del 99.42% del tonelaje marítimo mundial.

El Anexo VI limita los principales contaminantes de los aires contenidos en los gases de escape de los buques, incluidos los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), y prohíbe las emisiones deliberadas de sustancias que agotan el ozono (ODS). También regula la incineración a bordo y las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) de los petroleros.

En julio 2011 los miembros de la OMI adoptaron una nueva versión del Anexo VI en el que se incluye las *“Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques”* para el Convenio MARPOL<sup>7</sup>. El nuevo Anexo regula el control de las emisiones de GEI por parte de buques e introduce medidas tanto opcionales como obligatorias para reducir la emisión de GEI del tonelaje marítimo global.

---

<sup>7</sup> El Anexo revisado ya había entrado en vigor en 2005.

Los principales cambios aportados por el Anexo VI son dos: una reducción progresiva a nivel mundial de las emisiones de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas; y la introducción de áreas de control de emisiones (ECA) para reducir las emisiones de esos contaminantes en áreas designadas.

El Anexo VI revisado establece un nuevo límite global de azufre que se reducirá del 3,50% actual al 0,50%, y que será vigente a partir del 1 de enero de 2020, y estará sujeto a una revisión de factibilidad que deberá ser realizada no más tarde de 2018<sup>8</sup>. A partir del 1 de enero 2015 los límites de SO<sub>x</sub> y de partículas aplicables a las ECAs fue reducido al 0.10%.

En el Anexo revisado destacan también la introducción de dos instrumentos de aplicación obligatoria como requisito obligatorio para reducir los GEI emitidos por los buques a partir de una base internacional:

- Índice de Eficiencia Energética de Diseño (EEDI, Energy Efficiency Design Index). El EEDI es un instrumento que está constantemente estimulando el desarrollo tecnológico ajustando continuamente los requisitos mínimos de eficiencia energética por milla por tipología de buque. Es un instrumento basado en el rendimiento.
- Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque (SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan). Junto con la herramienta del Indicador Operacional de Eficiencia Energética (EEOI), el SEEMP ayuda a los operadores de los buques monitora y evaluar sus actividades para así tomar las mejores decisiones relativas a la eficiencia energética del buque.

Estas reducciones obligatorias de emisiones y los acuerdos internacionales dentro de la industria marítima, constituyen la base de la estrategia global para reducir las emisiones de los buques y al mismo tiempo han despejado el futuro para el desarrollo e implementación de la tecnología SSE.

---

<sup>8</sup> En octubre de 2016 el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) llevo a cabo una evaluación de la disponibilidad de fuel oil para estudiar la decisión tomada por las partes en el Anexo VI y se, y se decidió que el estándar de fuel oil (con límite de azufre del 0.50%) entrará en vigor el 1 de Enero de 2020.



### **C) Comité de protección del medio marino de la OMI**

Siempre dentro de la OMI, cabe destacar la siguiente iniciativa de 2019. El Comité de Protección del Medio Marino de la OMI (MEPC) ha impulsado una serie de medidas destinadas a ayudar en conseguir los objetivos establecidos en la Estrategia inicial de la OMI sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de los buques, de conformidad con el Acuerdo de París en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y en relación con la Agenda de 2030 para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.

Durante su 74<sup>o</sup> periodo de sesiones el MEPC llevo a cabo las siguientes actividades:

- 1) Decidió aprobar una serie de enmiendas para reforzar aún más los requisitos obligatorios impuestos para que los nuevos buques sean más energéticamente eficientes;
- 2) Inició un nuevo Estudio de Gases de Efecto Invernadero de la OMI;
- 3) Adoptó una resolución para fomentar la cooperación con los puertos para reducir las emisiones del transporte marítimo;
- 4) Aprobó un procedimiento para la evaluación de las repercusiones de las nuevas medidas propuestas en la sesión;
- 5) Acordó establecer un fondo fiduciario de múltiples donatarios para apoyar las actividades de cooperación técnica que sirven de apoyo para estrategia inicial propuesta;
- 6) y por último, acordó la creación de dos grupos de trabajo, que deberán reunirse en 2019 y otra vez en 2020, respectivamente, que deberán estudiar las iniciativas y la evolución de la estrategia para así acelerar el trabajo y llegar a los objetivos propuestos.

En relación con la SSE, de todas las iniciativas propuestas, cabe señalar la de “Cooperación con los puertos para reducir emisiones del transporte marítimo”.

Con la resolución MEPC.323 (74), el Comité de protección del medio marino de la OMI invita a los Estados Miembros a fomentar la cooperación voluntaria entre los sectores portuarios y del transporte marítimo para contribuir a la reducción



de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y otros contaminantes procedentes de los buques.

Esta misma cooperación incluiría medidas regulatorias, técnicas, operacionales y económicas, entre las cuales el suministro de energía eléctrica desde tierra o SSE (incluso se señala que este suministro provenga preferiblemente de fuentes renovables); de una toma de combustible segura y eficaz en el caso de combustibles con contenidos de carbono bajos o iguales a cero; y de incentivos que fomenten un transporte marítimo sostenible

## **IV.2 Regulación a nivel Europeo**

### **A) Directiva UE 2005/33/CE**

El 22 de julio 2005 el Parlamento Europeo y el Consejo emitieron la Directiva 2005/33/CE modificando la Directiva 1999/32/CE. En cuanto al objetivo, la Directiva pretende conseguir unos niveles aceptables de calidad del aire en las zonas costeras, reduciendo las emisiones el transporte marítimo, como dióxido de azufre y materia particular. Para conseguir este objetivo la Directiva regula el contenido de azufre del fuel oil y demás combustibles marinos, a la vez animando a los Estados Miembros (EEMM) a promocionar pruebas y uso de nuevas tecnologías capaces de reducir emisiones. Destaca el artículo 4 *Ter.* de la Directiva que obliga, a partir del 1 de enero 2010, a los EEMM a controlar el contenido de azufre de los combustibles marinos, que no podrá ser superior al 0,1% en masa, utilizados por buques de aguas interiores (Art. 4. *Ter.1.a*) y por buques atracados en puertos comunitarios (Art. 4. *Ter.1.b*). La Directiva también anima al uso de suministro de energía en tierra hasta el punto de permitir que los buques que apaguen todos sus motores y generadores y utilicen SSE mientras estén atracados estarán eximidos de las restricciones de contenido de azufre impuestos por la propia Directiva (Art. 4. *Ter.2.d*). Adicionalmente, en los casos de ensayo de tecnologías de reducción de emisiones en los buques, los

requisitos de los combustibles marinos impuestos por la Directiva no serán aplicables<sup>9</sup>.

## **B) Recomendación de la Comisión 2006/339/EC**

Como hemos afirmado al ver los factores impulsores de la SSE en el Capítulo II, uno de ellos ha sido la Recomendación de la Comisión de 8 de mayo de 2006 “*sobre el fomento del uso de electricidad en puerto por los buques atracados en puertos comunitarios*”.

El fin de esta recomendación no obligatoria es el de animar a los EEMM a emprender actividades que promuevan la shore-side electricity y, disposiciones internacionales de la OMI, mejorar la calidad del aire en los puertos.

En su primera consideración la Recomendación anima a todos los EEMM y autoridades portuarias a “requerir, e incentivar o facilitar el uso por parte de los buques de electricidad con base en tierra durante el atraque”, en el esfuerzo de mejorar la calidad del aire y la contaminación acústica, sobre todo en las zonas portuarias donde los se exceden considerablemente los límites de contaminación. Aprovechando de las posibilidades que ofrece la legislación comunitaria, también se anima a que los EEMM otorguen ciertos incentivos económicos<sup>10</sup> a los operadores de buques para que estos implementen el uso de la SSE (Recomendación 4). La Comisión incita a los EEMM a trabajar activamente en el seno de la OMI para seguir desarrollando y revisando las normas internacionales sobre las conexiones eléctricas en puerto (Recomendación 3). Asimismo, los EEMM deben fomentar el conocimiento de la electricidad en puerto entre las autoridades locales con competencias en zonas

---

<sup>9</sup> Directiva 2005/33/EC. Art 4 *quáter*: Los Estados miembros, en su caso en cooperación con otros Estados miembros, podrán aprobar ensayos de tecnologías de reducción de las emisiones en buques que enarbolan su pabellón o en zonas marítimas de su jurisdicción. Durante estos ensayos no será obligatorio el uso de combustibles para uso marítimo que cumplan los requisitos de los artículos 4 bis y 4 ter.

<sup>10</sup> La Directiva 2003/96/CE dispone en su artículo 14.1. que “*los Estados eximirán del impuesto a los productos mencionados a continuación (...): c) los productos energéticos suministrados para ser utilizados como carburante en la navegación en aguas comunitarias (incluida la pesca), con exclusión de los utilizados en embarcaciones privadas de recreo y la electricidad producida a bordo de las embarcaciones*”.

portuarias, las autoridades marítimas, las autoridades portuarias, las sociedades de clasificación y las asociaciones sectoriales (Recomendación 5). Por último también se recomienda que los EEMM informen a la Comisión sobre las medidas que proponen adoptar para reducir las emisiones de los buques en los puertos (Recomendación 7). La Recomendación 2006/339/EC también viene acompañada de un Anexo con una nota informativa sobre la SSE y en el que se recogen requisitos técnicos, medioambientales y económicos, una comparación de costes y beneficios junto con una conclusión final.

### **C) Directiva 2008/50/CE**

El 21 de mayo de 2008 el Parlamento Europeo y el Consejo aprobaron la Directiva 2008/50/CE relativa a *la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa*, con el propósito de definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente (Art. 1). En relación con la SSE destaca el artículo 24 de la Directiva, relativo a los planes de acción a corto plazo, “podrán en determinados casos, establecer medidas eficaces para controlar y, si es necesario, suspender actividades que contribuyan a aumentar el riesgo de superación de los valores límite o los valores objetivo o umbrales de alerta respectivos. Esos planes de acción podrán incluir medidas relativas (...) a buques amarrados” (Art. 24.2).

### **D) Directiva 2014/94/UE**

Siguiendo los objetivos de la Directiva 2008/50/CE, en abril de 2014 el Parlamento y el Consejo aprobaron una resolución legislativa para la propuesta de una directiva sobre el despliegue de infraestructuras de combustible alternativo, que se incluye al programa de “Clean Power for Transport” de la UE y apunta a facilitar el desarrollo de un mercado único para combustibles alternativos en Europa.

El 22 de octubre de 2014 la propuesta es aprobada y entra en vigor la Directiva 2014/94/UE relativa a *la implementación de una infraestructura para los combustibles alternativos* cuyo objeto está definido en su artículo primero como el de establecer “un marco común de medidas para la implantación de una

infraestructura para los combustibles alternativos en la Unión a fin de minimizar la dependencia de los transportes respecto del petróleo y mitigar el impacto medioambiental del transporte”.

La Directiva aborda la cuestión de la SSE en primer lugar en el párrafo 34 de consideraciones generales en el que dispone que “las instalaciones de suministro de electricidad en puerto permiten al transporte marítimo y fluvial abastecerse de energía limpia, en particular en los puertos marítimos y fluviales en los que la calidad del aire sea baja o con un nivel de contaminación acústica elevado. La electricidad en puerto puede contribuir a reducir el impacto ambiental de los buques de navegación marítima y de los barcos de navegación interior”. En el párrafo inmediatamente después, el 35, la Directiva desarrolla aún más la cuestión relativa al suministro de electricidad en puerto, afirmando que la normalización de la SSE no debe impedir el uso de sistemas instalados con anterioridad a la entrada en vigor de la Directiva. Al contrario los EEMM deben asegurar el correcto mantenimiento y mejora de dicho sistemas sin exigir un pleno cumplimiento de las especificaciones técnicas previstas en la propia Directiva.

Por último en cuanto a la SSE la Directiva 2014/94/UE establece en su artículo 4.5 que los EEMM deberán garantizar que la necesidad de suministro eléctrico en puerto deberá ser estudiada en sus respectivos marcos nacionales pero con la obligatoriedad de instalar o renovar esta infraestructura de SSE en todos los puertos, dando prioridad a los de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), a no más tardar para el 31 de diciembre de 2025<sup>11</sup>.

### **E) Programa RTE-T**

Creado en 2006, la Red Transeuropea de Transporte es un programa de la Comisión Europea dirigido hacia la implementación y el desarrollo de una red de transporte común en toda Europa, con el fin de eliminar congestiones y barreras

---

<sup>11</sup> El Anexo III 1.3 de la Directiva 2014/94/UE establece las especificaciones técnicas que debe cubrir la infraestructura de SSE.

técnicas que existen en el las redes de transporte de los EEMM, fortaleciendo así las relaciones sociales, económicas y territoriales de la UE.

El programa es gestionado por la Agencia Ejecutiva de Innovación y Redes la cual se encarga de proporcionar fondos a proyectos de todo tipo de transporte, tal y como, aviación, ferrocarril, carretera y transporte marítimo que incluye iniciativas de SSE. Entre 2007 y 2013 la UE ha destinado más de 8 mil millones de euros a este programa, financiando 411 proyectos por un valor total de 5.6 mil millones de euros.

En relación al transporte marítimo el programa RTE-T se centra en tres áreas distintas: Vías de agua interiores; Puertos marítimos; y Autopistas del Mar.

Los proyectos destinados a los puertos están orientados principalmente a la conexión con islas, interconexión entre puertos e infraestructuras para el transporte interior. Algunos de estos proyectos están enfocados a la SSE, como el del puerto de Hamburgo, y serán estudiados en el apartado de Regulación a nivel estatal del presente capítulo.

#### **F) Programa Marco Polo**

La última iniciativa a nivel europeo de relevancia para el SSE es el Programa de financiación Marco Polo enfocado en trasladar el transporte por carretera al transporte marítimo para así reducir el impacto ambiental. Entre los distintos programas, existe uno de cofinanciación de proyectos que implementen nuevas tecnologías o prácticas que reduzcan significativamente las emisiones del transporte marítimo. Algunos EEMM han aplicado el programa Marco Polo para financiar proyectos de SSE en sus puertos.

#### **IV.3 Regulación e Iniciativas a nivel Estatal**

Como hemos visto tanto a nivel internacional como a nivel europeo existen diversos textos normativos que abarcan de alguna manera el suministro eléctrico en tierra. Gracias a dichos textos algunos Estados han llevado a cabo iniciativas para apoyar a adopción de la SSE en sus puertos. Adicionalmente, algunos Estados Miembros de la UE, gracias al Programa Marco Polo o al Programa

RTE-T, han introducido subsidios o cofinanciación Europea para animar a sus puertos en invertir en la SSE.

En el presente apartado se va a estudiar las iniciativas de mayor relevancia tomadas por un Estado en lo respectivo a la SSE.

### **A) Estados Unidos**

La primera de ellas viene de EEUU, concretamente del estado de California y se ha mencionado anteriormente al ver los factores impulsores de la SSE.

En diciembre de 2007 la Comisión de Recursos del Aire de California, un departamento dentro de la Agencia de Protección Medioambiental de California aprobó la “Airborne Toxic Control Measure for Auxiliary Diesel Engines Operated on Ocean-Going Vessels At-Berth in a California Port Regulation” también conocida como la At-Berth Regulation (ABR). El propósito de esta regulación es el de reducir el las emisiones de los motores auxiliares diésel de buques portacontenedores, buques pasajeros, y buques frigoríficos mientras estén atracados en un puerto de California. Pero ABR destaca por ser la primera norma salida de in Estado, aunque en este caso sería regional, en vigor en la que la SSE es una de las opciones tomadas en consideración para cumplir con los objetivos de la regulación.

ABR se aplica a los puertos de Los Angeles, Oakland, Long Beach, San Diego, San Francisco y Hueneme, y ofrece a los buques que visitan dichos puertos con dos opciones para reducir las emisiones de sus motores auxiliares mientras se encuentran atracados:

1. *Reduced Onboard Power Generation Option*. Apagar los motores auxiliares y conectar el buque a otra fuente de energía, siendo la más probable una conexión eléctrica a tierra (ABR, Subseccion (d)(1)).
2. *Equivalent Emissions Reduction Option*. Utilizar técnicas de control que consiguen la reducción de emisiones equiparable a la obtenida con los generadores apagados (ABR, Subseccion (d)(2)).

Para la primera de estas opciones la ABR, en su subsección (d)(1)(D), establece dos límites de tiempo máximo en el que el buque puede mantener encendidos

sus motores auxiliares diésel mientras se encuentra atracado en un puerto de California. El primer límite obliga al buque, en caso de disponer de la posibilidad y el equipamiento necesario para pasar de energía producida a bordo de buque a la shore side electricity, a que los motores auxiliares podrán permanecer encendidos un máximo de 3 horas. Por otro lado en el caso de que el buque no disponga de dicha posibilidad el tiempo máximo de funcionamiento de los motores auxiliares no podrá ser superior a 5 horas. La primera de estas opciones incluye tres requisitos actualmente vigentes a los que se les aplican los anteriores límites:

- Requisito 2014: Cuando una flota (todo buque que es de propiedad y son operados por un único sujeto) visite un puerto de California, al menos el 50% de las visitas que realiza deberán cumplir con los límites de tiempo en los que pueden funcionar los motores auxiliares diésel. Durante su estancia en puerto la generación de energía a través de motores auxiliares de la flota deberá ser reducida de al menos el 50% de la *baseline power generation* (la energía que habría sido utilizada en el supuesto de que no disponer SSE).
- Requisito 2017: En este caso serán el 70% de las visitas de la flota que deberán cumplir con los límites de funcionamiento de los motores auxiliares descritos anteriormente. Mientras esté atracado la generación de energía a bordo del buque debe ser reducida de al menos un 70% del *baseline power generation*.
- Requisito 2020: A partir de 2020 el 80% de las visitas de la flota deberán cumplir con los límites de la subsección (d)(1)(D), y la generación de energía a bordo del buque debe ser reducida de al menos un 80% del *baseline power generation*.

La segunda opción, la Equivalent Emissions Reduction Option recogida en la subsección (d)(2), obliga los dueños y operadores de los buques a reducir las emisiones de los motores auxiliares en puerto en una determinada cantidad y en unas determinadas fechas. Desde el año 2014 esta opción ya no es viable debido a que a partir de dicha fecha la Comisión de Recursos del Aire de California ha querido conseguir plena conformidad con los límites de la ABR sin ninguna excepción.



- Tabla 10. Resumen de los requisitos impuestos por la ABR.

Fecha	Reduced Onboard Power Generation Option	Equivalent Emissions Reduction Option
2010-2011	Los buques con conexión a tierra deberán utilizar SSE si es disponible	10% Reducción de emisiones
2012-2013	Los buques con conexión a tierra deberán utilizar SSE si es disponible	25% Reducción de emisiones
2014-2016	50%	50% Reducción de emisiones
2017-2019	70%	70% Reducción de emisiones
2020 en adelante	80%	80% Reducción de emisiones

Fuente: ECOFYS

- Tabla 11. Compañías que disponen de SSE en el puerto de Los Ángeles.

Compañía	Atraques con SSE	Atraques en total	Utilización SSE (%)	Uso en puerto (%)
Nippon Yusen Kaisha	32	55	60%	18%
Evergreen Marine Corp	26	38	68%	14%
Hapag - Lloyd AG	26	35	74%	14%
Mitsui OSK Lines Ltd	24	32	75%	13%
APL Ltd	23	32	72%	12%
Yang Ming Marine Transport	13	16	81%	7%
United Arab Shipping Company	9	9	100%	5%
CMA CGM (America) LLC	6	10	60%	3%
China Shipping	4	4	100%	2%
COSCON	4	4	100%	2%
Hyundai Merchant Marine Co Ltd	4	8	50%	2%
MSC Mediterranean Shipping Co	4	5	80%	2%
Maersk Line	3	20	15%	22%
Orient Overseas Container Line	3	4	75%	2%
Kawasaki Kisen Kaisha Ltd	2	3	67%	1%
PIL USA	1	3	33%	1%
Hamburg Sud	0	4	0%	0%
Hanjin Shipping Co Ltd	0	3	0%	0%
<b>Total</b>	<b>185</b>	<b>285</b>	<b>65%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudio y dimensionamiento de una instalación de suministro de energía eléctrica a buques desde tierra basada en la tecnología onshore power supply.

## **B) Bélgica**

En Europa uno de los primeros promotores de la SSE ha sido Bélgica, donde esta tecnología ha ganado significativo interés en los últimos años.

El primer paso se dio en 2009 con la implementación de dos planes para reducir la emisión de CO, NOx, CO2 y MP en la navegación interior.

En 2012 el gobierno Belga aprobó un Plan de Calidad del Aire con el propósito de cumplir con los objetivos medioambientales para 2015 trazados por el Convenio MARPOL, y dentro de las medidas propuestas el plan incluye la de animar al uso de la SSE.

Siempre en 2012, el Departamento de Movilidad y Obras públicas del gobierno Belga lanzó el Proyecto “Shore Power in Flanders”, un proyecto cofinanciado por el Programa RTE-E de la UE, con el objetivo de mejorar los servicios de SSE para la navegación interior en Bélgica a través de estudios de mercado y la instalación de servicios SSE pilotos.

## **C) Países Bajos**

En 2013, diversas provincias, municipios y autoridades portuarias holandesas desarrollaron la llamada iniciativa “Walstroom” en cooperación con la compañía energética Holandesa Eneco. La iniciativa, cofinanciada con el fondo Europeo de Desarrollo Regional de la Comisión Europea, nace con el propósito de facilitar energía eléctrica y tiene distribuidas más de 1000 conexiones eléctricas en muelle que son utilizadas diariamente por más de 2900 buques de navegación interior.

En el puerto de Rotterdam se instauró en 2010 la obligación para todo buque de navegación interior utilizase la SSE.

## **D) Suecia**

Como primera medida para reducir las emisiones de azufre, el gobierno sueco presentó en 2010 una propuesta de ley (que subsiguientemente entro en vigor en Noviembre de 2011) que propone un impuesto de energía más bajo para la electricidad que utilizan los buques cuando están en puerto. El impuesto se

redujo de 28,0 Öre/kWh (€ 3,09) respectivamente 18,5 Öre/kWh (€ 2,04) a 0,5 Öre/kWh (€ 0,06) el suministro de electricidad desde tierra, respetando la tasa impositiva mínima para la electricidad establecida en la Directiva 2003 / 96 / CE<sup>12</sup>.

La reducción del impuesto a la electricidad se aplica a todos los suministros de electricidad en muelle que sea de al menos 380 V y destinado a los buques utilizados para el transporte de al menos 400 toneladas brutas de mercancía (Decisión 2011/384 / UE), que son los buques considerados responsables de la mayor parte de las emisiones causadas por la utilización de los motores auxiliares a bordo mientras se encuentran atracados en puerto. Este límite se impuso para que la reducción propuesta pudiese aplicarse a la mayoría absoluta de los buques utilizados en el tráfico internacional.

Según la ley sueca, todos los puertos necesitan de una licencia para poder operar, y recientemente muchas de estas autorizaciones solicitadas incluían SSE. Por otro lado, en 2012 se solicitó al Puerto de Gotemburgo realizar estudios de factibilidad para investigar la posibilidad de ofrecer SSE, entre otros servicio, a los buques que visitan el puerto. Estos estudios deberán realizarse cada cinco años a partir de 2016 para todos los muelles de transporte de petróleo/derivados, vehículos y cruceros. A su vez, se pidió a los terminales de contenedores y RoRo que entablaran un diálogo continuo con los armadores más frecuentes y les proporcionarían información sobre la posibilidad de utilizar SSE.

Suecia también estableció planes nacionales de apoyo financiero para aquellos proyectos que reducen las emisiones al aire así como a los gases de efecto invernadero. El Puerto de Gotemburgo solicitó dos veces este apoyo financiero para las instalaciones de SSE y lo recibió en ambas ocasiones.

---

<sup>12</sup> Directiva 2003/96/CE del Consejo Europeo de 27 de octubre de 2003 por la que se reestructura el régimen comunitario de imposición de los productos energéticos y de la electricidad. Artículo 14.1.c) (...) *“los Estados eximirán del impuesto a los productos mencionados a continuación, en las condiciones que ellos establezcan para garantizar la franca y correcta aplicación de dichas exenciones y evitar cualquier fraude, evasión o abuso: (...) c) los productos energéticos suministrados para ser utilizados como carburante en la navegación en aguas comunitarias (incluida la pesca), con exclusión de los utilizados en embarcaciones privadas de recreo y la electricidad producida a bordo de las embarcaciones”.*

## E) España

En España los primeros pasos en relación a la SSE se tomaron a partir de la Directiva 2014/94/UE, que hemos estudiado anteriormente, cuyo artículo 4.5 obliga a los EEMM a garantizar que la necesidad de suministro eléctrico en puerto deberá ser estudiada en sus respectivos marcos nacionales pero con la obligatoriedad de instalar o renovar esta infraestructura de SSE en todos los puertos.

A la vista de esta Directiva en el mismo 2014 el Gobierno publicó el *“Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas en el Transporte Desarrollo del Mercado e Implantación de la Infraestructura de Suministro. En Cumplimiento de la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014”*.

Entre las distintos temas tratados por el Marco de Acción Nacional aparece también el de la SSE, donde el Gobierno reconoce como esta tecnología representa una alternativa a quemar combustible y elimina localmente tanto las emisiones como el ruido. Adicionalmente, las primeras estimaciones de Puertos del Estado señalaban como con la SSE algo más de 100.000 toneladas de combustible (fuel, gasóleos marítimos, etc) podían ser sustituidos por alrededor de 600 GWh de consumo eléctrico durante la estancia en puerto del buque.

En el momento de la publicación de este plan de acción, en España solo existía un punto de carga punto SSE que estaba en fase de pruebas para los buques que atracan en el muelle de la Estación Marítima del Puerto de Melilla. Pero también se señala como se estaban llevando a cabo estudios para la instalación de SSE en los puertos de Barcelona, Valencia, Palma de Mallorca, Ibiza, Santa Cruz de Tenerife, La Gomera y La Palma

Ante todo ello y con el fin de fomentar su uso e implementación el Gobierno propone llevar una serie de medidas que se recogen en la siguiente tabla.

- *Tabla 12. Medidas de apoyo al suministro eléctrico a buques atracados en puerto.*

CATEGORÍA	Nº	MEDIDA
Incentivos fiscales	1	Bonificación del 50% en la tasa que grava la estadia de los buques atracados en puerto cuando se conectan red eléctrica <sup>13</sup> .
	2	Creación de un grupo de trabajo para analizar la posible demanda futura de electricidad suministrada a los buques atracados en nuestros puertos y la viabilidad de la posible adecuación de los impuestos aplicables a las condiciones del mercado.
Promoción de la infraestructura de suministro	3	Impulso de la participación de entidades españolas en los proyectos de desarrollo de la infraestructura de suministro de electricidad en puertos
	4	Seguimiento de los planes de las navieras para satisfacer las previsibles necesidades de suministro de electricidad en puerto.
Desarrollos normativos	5	Análisis de la posible adecuación del régimen aplicable al suministro de energía eléctrica a buques en atraque.
Fomento de la industrialización y de la I+D+i	6	Realización de estudios sobre la aplicabilidad de las smart grids en la conexión eléctrica en puerto.
Difusión y concienciación	7	Participación en proyectos innovadores para garantizar la generación eléctrica in situ procedente de fuentes de energía renovables.
	8	Creación de página web con información de los puertos que ofrecen suministro de electricidad a buques atracados.

*Fuente: Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas en el Transporte*

<sup>13</sup> Esta bonificación está permitida por la Disposición final décima séptima de la Ley 36/2014, de 26 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2015 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, aprobado por Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre.

Siguiendo las medidas propuestas en el Marco de Acción Nacional, el mismo año de su publicación, Puertos del Estado publicó su Guía de Gestión Energética en que se dedica un capítulo entero al estudio del Cold Ironing en los puertos españoles.

La Guía de Gestión Energética en Puertos parte del artículo 19.2 del Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (RDL 2/2011) en el que se dispone que la sostenibilidad debe ser uno de los principios puntos que deben regir el modelo de planificación y de gestión de los puertos. Este principio de gestión sostenible implica, entre otras cosas, realizar una gestión racional y eficiente de los recursos económicos y naturales, así como minimizar el impacto ambiental de la operativa portuaria.

Por otro lado, como hemos explicado, el marco normativo comunitario establece la necesidad de avanzar en la implantación de medidas de eficiencia energética que permitan limitar la dependencia de las importaciones energéticas de la economía europea, así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Siguiendo esa línea la Guía de Gestión Energética en Puertos tiene por objetivo fomentar el desarrollo de estrategias e iniciativas dirigidas a conseguir los siguientes objetivos:

- Contribuir a mejorar la competitividad de los puertos, reduciendo los costes de gestión energética y realizando un uso más eficiente de la energía.
- Impulsar la sostenibilidad medioambiental del transporte marítimo, reduciendo las emisiones contaminantes que provienen de los puertos.

En lo que respecta al Cold Ironing, Puertos del Estado hace un análisis de todo lo que conlleva esta tecnología empezando por los requerimientos de infraestructura e distintos aspectos técnicos de la SSE, que son los mismos que hemos estudiado en el Capítulo III del presente trabajo sobre los Aspectos Técnicos de la SSE. La Guía sigue con un estudio de viabilidad de la SSE en España para así “sopesar todas las ventajas e inconvenientes que conlleva la instalación del sistema de Cold Ironing, tanto para el puerto (Autoridad Portuaria) como para los buques (Navieras)”. Este estudio como veremos a continuación se rehace a los “steps” para implementar la SSE propuestos por el WPCI.

Según Puertos del Estado, este estudio de viabilidad tiene que incluir las siguientes fases:

1. Estudio de la flota que atraca en cada puerto con una especial atención los atraques más frecuentes y de más larga duración.
2. Definir las características técnicas que tiene que tener el sistema.
3. Estimar las emisiones que se podrán reducir utilizando la SSE
4. Calcular todos los gastos y ahorros para posteriormente realizar un estudio de la rentabilidad, teniendo en cuenta los factores recogidos en la siguiente tabla.

- *Tabla 13. Factores a considerar en el análisis de rentabilidad del sistema CI*

GASTOS	
AUTORIDAD PORTUARIA	NAVIERAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en la infraestructura eléctrica.</li> <li>- Compra de electricidad a la compañía suministradora.</li> <li>- Mantenimiento de la nueva instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inversión inicial en la reforma eléctrica del buque.</li> <li>- Compra de la electricidad a la Autoridad Portuaria.</li> <li>- Mantenimiento de la nueva instalación del buque.</li> </ul>
INGRESOS	
AUTORIDAD PORTUARIA	NAVIERAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Venta de electricidad a los buques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ahorros en combustible.</li> <li>- Ahorros en el mantenimiento de los motores auxiliares.</li> </ul>
HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plazo de amortización de las instalaciones</li> <li>2. Precio de compra de la electricidad a la compañía suministradora</li> <li>3. Precio de venta de la electricidad a las navieras</li> <li>4. Precio de compra del combustible</li> <li>5. Tasas de inflación</li> <li>6. Posibilidad de reducción de impuestos en la venta de electricidad</li> <li>7. Posibilidad de que entre en vigor el comercio de derechos de emisión en el transporte marítimo</li> <li>8. Posibilidad de ceder la gestión del sistema de Cold Ironing a una Empresa de Servicios Energéticos que realice la inversión y gestione la compra y venta de energía eléctrica.</li> </ol>	

*Fuente: Guía de Gestión Energética en Puertos*



En la actualidad el programa de implementación de SSE en España está siendo llevado a través del Proyecto “Onshore Power Supply Master Plan for Spanish Ports” cuyo objetivo es el de redactar un Plan Director para el suministro de energía eléctrica a buques en atraque en los puertos españoles. El proyecto se integra en el Marco de Acción Nacional para el desarrollo de infraestructuras para el uso de combustibles alternativos en el sector del transporte, cumpliendo así la Directiva 2014/94/UE<sup>14</sup>.

Para llegar cumplir con su objetivo el proyecto “OPS Master Plan for Spanish Ports” tiene un presupuesto de 6 millones de euros junto a una cofinanciación de 1,5 millones de euros por parte del programa europeo “Conecting Europe Facility – CEF” para la construcción de la RET-T de la Unión Europea. Además de la realización de estudios e informes, durante la vigencia del se dotaran a los muelles de distintos puertos españoles de todos los elementos necesarios para el suministro de electricidad a buques en varios puertos españoles.

- *Tabla 14. Puertos españoles con puntos de conexión eléctrica - SSE*

Puerto	Nº Tomas	Frecuencia (Hz)	Tensión (V)	Estado
Melilla	1	50	230	En Ejecución
Motril	2	50	230	En Proyecto
Santa Cruz de Tenerife	1	50	380/690	En Ejecución
Santa Cruz de Palma	1	50	380/690	En Ejecución
San Sebastián de la Gomera	1	50	380/690	En Ejecución
Las Palmas	1	50	380/690	Disponible
Pasaia	1	50/60	6.600	En Proyecto
Palma de Mallorca	1	60	6.600	En Proyecto
Barcelona	1	60	6.600	En Proyecto

*Fuente: Estudio y dimensionamiento de una instalación de suministro de energía eléctrica a buques desde tierra basada en la tecnología onshore power supply.*

<sup>14</sup> Párrafo 13 del preámbulo de la Directiva 2014/94/UE: *Con el fin de promover los combustibles alternativos y desarrollar la infraestructura pertinente, los marcos de acción nacionales pueden consistir en diversos planes, estrategias u otra documentación de planificación elaborados por separado, de manera integrada o de otro modo, y al nivel administrativo que decidan los Estados miembros.*

## F) Otros Estados

- **Alemania** no tiene ninguna normativa que regule directamente la SSE. Las provisiones en relación a la SSE están directamente recogidas en la regulación de cada puerto. En 2011 se aprobó un Acuerdo para reducir el impuesto sobre la electricidad en el caso de la SSE. El puerto de Hamburgo en 2013 emprendió un proyecto de SSE de un valor de 7 millones de euros cofinanciado por el programa RTE-T.
- En **Francia**, el Ministerio de Ecología, Energía y Desarrollo Sostenible en la Mar ha destacado la importancia ambiental de la tecnología SSE en un estudio de 2010 sobre las características de los buques y embarcaciones de mar y ríos. Esta prevista la instalación de SSE en los puertos de Marsella y Le Havre.
- **Italia** tiene previsto la instalación de infraestructuras de SSE en los puertos de Chivitavecchia, Roma, Génova, Livrono, y Venecia.
- **China**, en su plan quinquenal desde 2011 a 2015 identificó la SSE como uno de los instrumentos clave para reducir la contaminación en sus puertos.

## V. Ventajas e inconvenientes

### V.1 Ventajas

En 2009 la World Ports Climate Initiative realizó una encuesta en la que se preguntaba a los Estados participantes las razones por las que instalar o no la tecnología OPS en sus puertos, la pregunta iba dirigida tanto a puertos que tienen instalada esta tecnología como a puertos que no la tienen.

El resultado fue que alrededor de un tercio de los puertos que respondieron a la encuesta estaban ofreciendo OPS en 2009, y los principales argumentos de que justificaron la introducción de la tecnología en los 17 puertos que ya ofrecen la tecnología actual son beneficios ambientales, y sociales, a los que también hay que añadir una mejor reputación del puerto de cara al exterior. Pero como veremos en este capítulo, a los beneficios ambientales y sociales también podemos añadirles ciertos beneficios económicos que puede tener la SSE

Además, hay que tener en cuenta que de la encuesta se desprende que entre los puertos que tienen instaladas infraestructuras para el suministro de energía eléctrica, un 50% está pensando en expandirla a otros muelles o buques, un 46% está indeciso y un 4% tiene claro que no quiere expandirla.

– *Tabla 15. Emisiones de los buques y donde repercuten.*

Impacto	Contaminante					
	Partículas	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	HC	CO
Efectos sobre la salud	x	x	x			x
Acidificación		x	x			
Foto-oxidación			x		x	
Eutrofización			x			
Cambio climático				x	x	

*Fuente: IS COLD IRONING HOT ENOUGH? An Actor Focus Perspective of On Shore Power Supply (OPS) at Copenhagen's Harbour.*

La implementación de tecnología SSE en un puerto puede proporcionar distintas ventajas, entre las cuales podemos encontrar las siguientes:

- Se puede llegar a reducir significativamente las emisiones contaminantes en el aire local del puerto, que afecta a todos aquellos que se encuentran en él y en las zonas pobladas cercanas
- Si se combina con la energía renovable es posible casi neutralizar la emisión de CO<sub>2</sub> y de otras emisiones.
- Eliminación del ruido y vibraciones de los motores auxiliares a bordo.
- Con el aumento del precio de los combustibles y las nuevas legislaciones siempre más restrictivas en materia de emisiones, las compañías navieras están casi obligadas a considerar esta alternativa al combustible marino.
- Usando la tecnología SSE, los buques no recitarían utilizar el combustible que contiene un 0,1% de azufre, impuesto por la OMI, mientras se encuentran dentro de áreas portuarias, pudiendo así compensar el coste de usar ese tipo de combustible que resulta ser más caro del de alto contenido de azufre.
- Para incentivar la instalación de SSE, destaca el hecho de que la Unión Europea ofrece subvenciones de entre el 20% y el 50% a operadores privados que buscan implementar e utilizar esta tecnología para sus buques.
- La Directiva 2014/94/UE establece la obligación de que los principales puertos europeos tengan instalaciones de suministro de electricidad desde tierra completamente operativas a partir del año 2025. Ante esto los fondos destinados al desarrollo de la SSE, ofrecidos como parte de programas como el Marco Polo de la UE que hemos estudiado, se adelantan significativamente esta fecha límite, facilitando aún más cumplir con dicho objetivo.

Las anteriores ventajas, las podemos agrupar en tres categorías de ventajas distintas, Ambientales, Sociales y Económicas, que vamos a estudiar en más detalle a continuación.

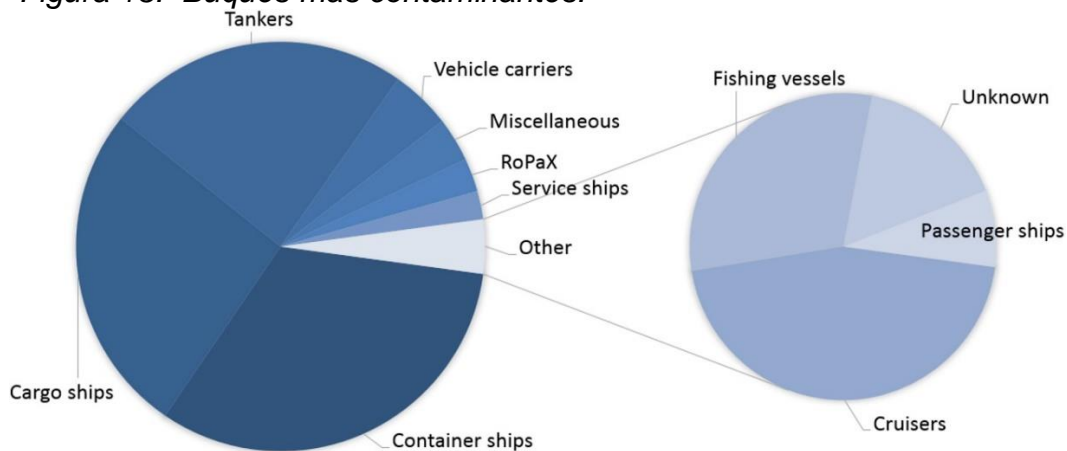
### A) Aspecto Ambiental

El impacto más significativo se puede observar en relación al medio ambiente. Por la actividad que realizan, los puertos son áreas muy activas, son piezas fundamentales para la economía mundial y nacional de un Estado, donde además ser zonas de alto valor económico sirven sobre todo como punto de partida para la importación y exportación internacional de bienes. Por otro lado los puertos también son una importante fuente de contaminación de todo tipo, exponiendo a la población local a graves problemas de salud y medio ambientales.

Como sabemos los motores de los buques están diseñados para que estén funcionando durante largos periodos y para que funcionen con el carburante más barato y de calidad más baja. Esto último desde una perspectiva económica y operativa resulta extremadamente ventajoso para el operador, pero todo lo contrario para la calidad del aire y la salud pública.

Las principales emisiones de los motores auxiliares: óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx) y material particulado (PM) y dióxido de carbono (CO2) entre otros. En relación que esto último destaca el dato que el sector marítimo es responsable de aproximadamente el 3% de la emisión global de CO2 y de gases de efecto invernadero (GEI), equivalente a mil millones de toneladas, a la par con la aviación y 5 veces menos que el tráfico por carretera.

– *Figura 13. Buques más contaminantes.*



*Fuente: Prospects of cold ironing as an emissions reduction option.*

Ante todo ello, el suministro eléctrico por tierra reducirá de manera significativa la emisión de los buques durante su estancia en puerto. También cabe destacar que las emisiones generadas por la producción de la energía eléctrica necesaria se producen en zonas menos densamente pobladas que los centros urbanos junto a los puertos.

En la tabla siguiente (Tabla 17) se puede observar el importante nivel de reducción de ciertos contaminantes en un año para buques de todo tipo de dimensiones, llegando a reducir por niveles de más del 90% las reducciones de NO<sub>x</sub>, VOC, y PC.

Por otro lado en la Tabla 17 se puede estudiar en Europa, a través de la SSE se puede reducir el 39% de las emisiones de CO<sub>2</sub> por cada Kg de fuel utilizado para los generadores auxiliares. Esto en un año puede suponer reducir la emisión de CO<sub>2</sub> de 800,000 toneladas.

– *Tabla 16. Reducción de contaminantes a través de SSE.*

		Pequeño (t/año)	Mediano (t/año)	Grande (t/año)
<b>NO<sub>x</sub></b>	Emisiones estándar	15.3	42.4	109.1
	Emisiones reducidas	14.8	41.09	10.586
	<b>Reducción conseguida</b>	<b>97%</b>	<b>97%</b>	<b>97%</b>
<b>SO<sub>2</sub></b>	Emisiones estándar	0.62	1.72	4.44
	Emisiones reducidas	0.0	0.0	0.0
	<b>Reducción conseguida</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>VOC</b>	Emisiones estándar	0.52	1.44	3.71
	Emisiones reducidas	0.35	1.36	3.49
	<b>Reducción conseguida</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>	<b>94%</b>
<b>PC</b>	Emisiones estándar	0.39	1.08	2.78
	Emisiones reducidas	0.35	0.96	2.48
	<b>Reducción conseguida</b>	<b>89%</b>	<b>89%</b>	<b>89%</b>

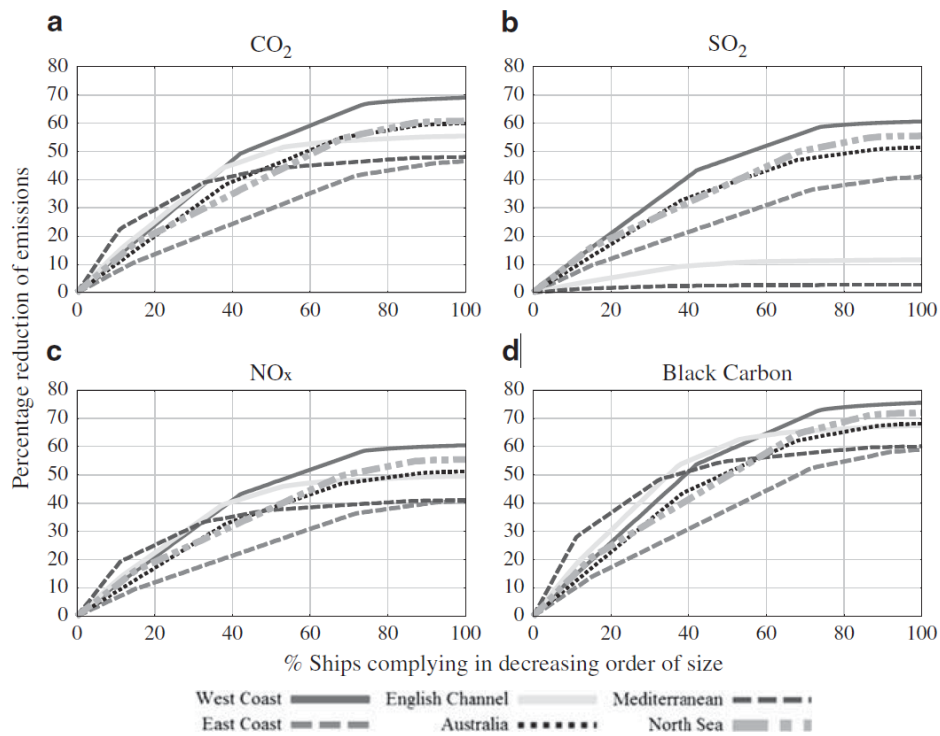
Fuente: ECOFYS

- *Tabla 17. Emisiones de CO2 en Europa a través de la utilización de SSE en todo tipo de transporte marítimo.*

Fuel utilizado para electricidad	Emisiones de CO2 a través del fuel	Electricidad producida	Emisiones de CO2 a través de la electricidad	Mejora de las emisiones de CO2
1 kg (ejemplo)	3.17 kg	5,6 kWh	1.94 kg	-39%
618,961 toneladas (consumo en Europa en un año)	1,962,000 toneladas	3,342 GWh	1,160,000 toneladas	-800,000 toneladas

Fuente: ECOFYS

- *Figura 14. Reducción de emisiones utilizando SSE.*



Fuente: Evaluation of cold ironing and speed reduction policies to reduce ship emissions near and at ports.



## **B) Aspecto Social**

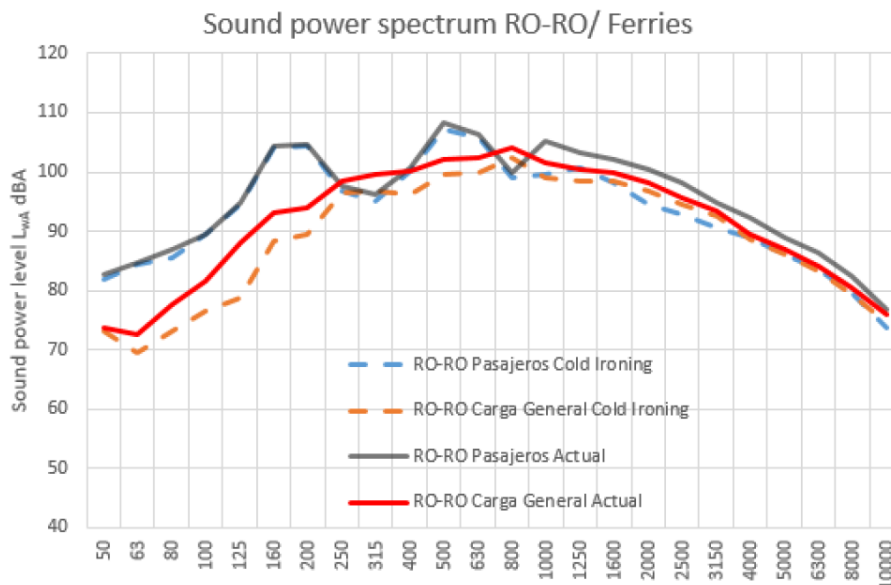
El impacto social también es significativo. Este proyecto permitiría en primer lugar la eliminación del ruido y vibraciones producidos por motores auxiliares a bordo. Destaca recordar que la gran mayoría de puertos se encuentran en ciudades, donde la población se ve sujeta a todo lo que conlleva la actividad del puerto, incluidos el ruido producido por los motores auxiliares.

El ruido puede llegar a suponer una importante molestia para los residentes de poblaciones que se encuentran cercanas a áreas portuarias. La OMI establece en Resolución A.468 (XII) “Código del nivel de ruido a bordo de los buques” de 1981, como límite máximo para el ruido que pueden emitir los buques a 75 decibelios en zonas de descanso y atraques, y recomienda unos niveles máximos de 70 decibelios en todas las áreas.

El suministro de energía eléctrica a los buques atracados en puerto representa una solución válida para cumplir estos requisitos de la OMI, ya que permite eliminar de manera significativa el ruido procedente de los motores auxiliares. Se estima que utilizando la SSE es posible reducir hasta 16 decibelios la contaminación sonora producida por los buques. Mejorando así los niveles de ruido tanto a bordo del buque como en las zonas habitadas cercanas a los puertos.

A lo anterior hay que añadir que el suministro de electricidad en puerto también permite eliminar las vibraciones provocadas por el funcionamiento de los generadores auxiliares, mejorando así el confort y la vida de la tripulación y los pasajeros a bordo.

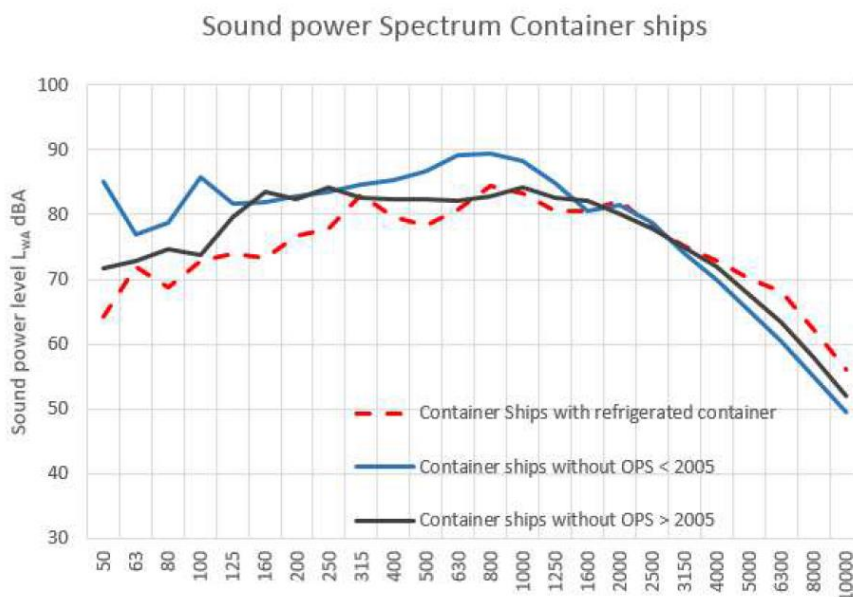
- *Figura 15. Gráfico y tabla sobre el nivel de sonido de buques RoRo con y sin SSE.*



	Nivel de Sonido		
	Motor auxiliares + Ventilación	Ventilación	Reducción de dBA (con SSE)
RoRo Pasajeros	115	113	1.5
RoRo Carga General	111	109	2.2

Fuente: Assessment of the acoustic benefit of the power supply to ships moored in ports (cold ironing)

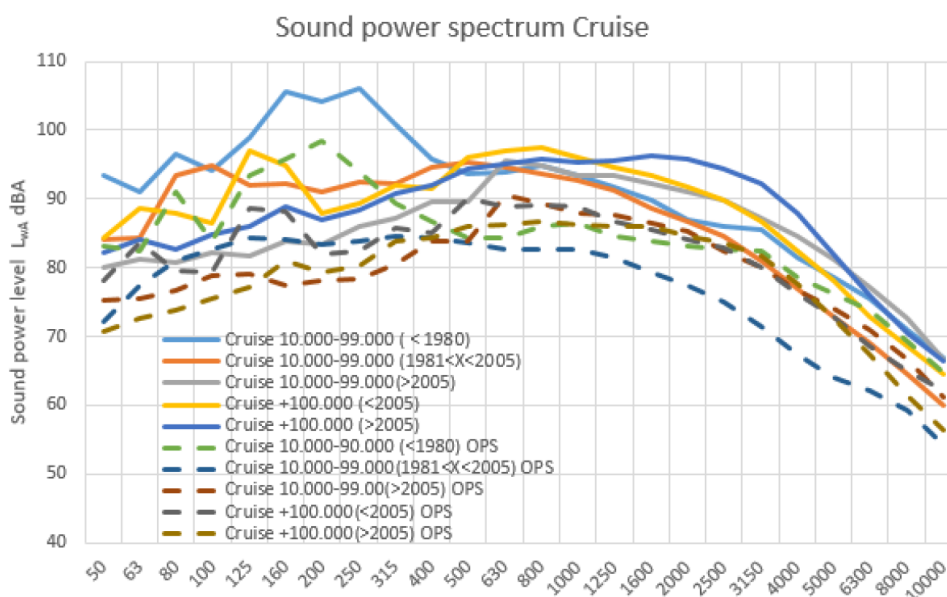
- *Figura 16. Gráfico y tabla sobre el nivel de sonido de buques portacontenedores con y sin SSE.*



	Nivel de Sonido		
	Motor auxiliares + Reefers	Refers	Reducción de dBA (con SSE)
Año de construcción < 2005	97	92	5.1
Año de construcción > 2005	94	92	1.7

Fuente: Assessment of the acoustic benefit of the power supply to ships moored in ports (cold ironing)

- Figura 17. Gráfico y tabla sobre el nivel de sonido de cruceros con y sin SSE.



	Año de construcción	Nivel de Sonido		
		Motor auxiliares + Otras fuentes de ruido	Otras fuentes de ruido	Reducción de dBA (con SSE)
Capacidad 10.000 +	<1980	112	103	8.6
	1981 – 2005	105	95	9.9
	>2005	103	95	5.5
Capacidad 100.000 - +	<2005	106	99	7.4
	>2005	106	96	9,3

Fuente: Assessment of the acoustic benefit of the power supply to ships moored in ports (cold ironing)

Otro impacto que puede tener a nivel social la SSE se encuentra relacionado con la reducción de elementos contaminantes que hemos visto en el apartado anterior. La contaminación del aire es uno de los temas claves de la agenda de la UE y la Organización Mundial de la Salud, los cuales emiten directivas y líneas

guía sobre límites para minimizar lo máximo posible el impacto de la contaminación sobre la salud humana.

Se estima que a nivel mundial esta contaminación es responsable por al menos 1.4% de muertes prematuras y 0,5% de los años de vida ajustados por discapacidad. Estudios demuestran también que el la PM ha es responsable por un aumento de mortalidad y morbilidad. Aproximadamente el 3% de las causas de muerte entre adultos son causados por problemas cardiovasculares y respiratorios y aproximadamente el 5% de los cánceres de pulmones y tráqueas se pueden atribuir a la contaminación de PM.

En 2014 la European Environment Agency (EEA) estimó que la exposición prolongada de la población a partículas PM 2.5 fue la causa de unas 428.000 muertes prematuras en Europa. A estas hay que sumar otras 78.000 muertes provocadas por la exposición a NO<sub>2</sub>. Asimismo, según la Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), la contaminación atmosférica en sus países miembros (entre los cuales España) ha supuesto en 2015 un impacto económico per-cápita de 2.480 USD o 2.030 €.

Como hemos visto al utilizar combustibles tradicionales para generar energía durante su estancia en puerto, los buques emiten tanto partículas (PM) como óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y mediante la SSE, es posible eliminar totalmente estos contaminantes, con la consiguiente mejora para la salud de la población local.

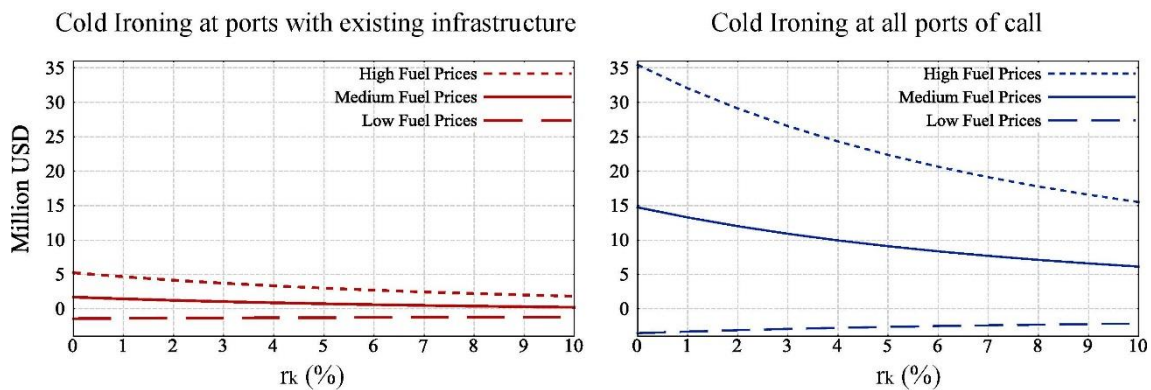
### **C) Aspecto Económico**

Desde el punto de vista económico resultaría extremadamente beneficioso a los propios armadores. Como hemos afirmado la SSE permite el suministro eléctrico a través de tomas de tierra y no a través de los generadores diésel instalados a bordo del buque. El primer importante ahorro se logra en el mantenimiento de los motores auxiliares, y que al permanecer menos tiempo en funcionamiento se alarga su vida útil. Además se facilitan las labores de mantenimiento de los motores al encontrarse estos apagados.

La Recomendación de la Comisión 2006/339/EC que hemos analizado en el capítulo anterior en su Anexo en su apartado 4. Comparación de costes y beneficios, señala como “los beneficios anuales en valor monetario de la reducción de estos cuatro agentes contaminantes en 500 amarraderos se estiman entre 103 y 284 millones EUR si se utiliza combustible con un 0,1 % de azufre, y entre 252 y 708 millones EUR si se utiliza combustible con un 2,7 % de azufre”.

Asimismo la sustitución de la fuente energética (combustible por electricidad), también supone un menor coste operacional para la naviera, ya que en términos generales la energía producida con electricidad es más económica que la producida con diésel marino. De la misma manera para fomentar este proyecto también se han implementado beneficios fiscales para aquellas navieras que utilicen SSE, en España se bonifica con un descuento del 50% en la tasa que grava la estadía de los buques atracados en puerto a aquellos que se conecten a la red eléctrica.

- *Figura 18. Evaluación económica de CI en comparación con los precios del combustible.*



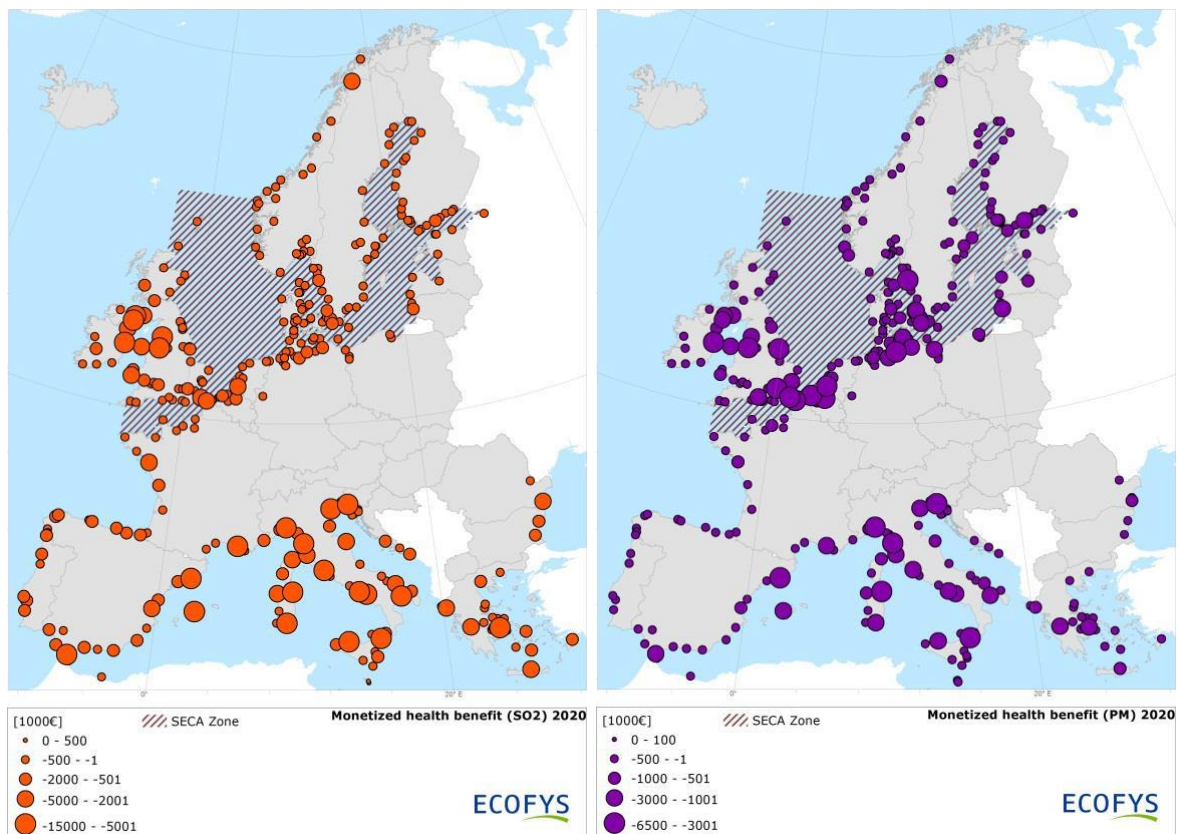
*Fuente: Prospects of cold ironing as an emissions reduction option.*

De la figura 18 resulta evidente que en el caso de precios de combustible elevados, la inversión en CI es más rentable, a diferencia de los escenarios de precios bajos. Además, si todos los puertos pudieran proporcionar suministro eléctrico desde tierra, el retorno de la inversión sería mucho mayor.

También es importante mencionar que la implementación de la SSE conlleva a importantes inversiones en los puertos para la instalación de las estaciones de carga en los muelles. Un puerto que disponen de estas instalaciones resulta más competitivo y atractivo desde el punto de vista económico, tanto para el propio puerto y las zonas adyacentes como para los navieros.

Por ultimo en relación al aspecto económico de la SSE nos remitimos a al apartado anterior sobre ventajas sociales de esta tecnología, concretamente la salud pública y el impacto económico que puede tener la SSE en este aspecto. Con respecto a las mejora de la salud pública y su monetización, en Europa se Estima que la utilización de la SSE puede traer unos beneficios económicos en este aspecto de entre 2,63 y 2,94 billones de euros. Como se aprecia en la siguiente figura 18, los mayores beneficios se obtendrán en los principales puertos de Holanda, Bélgica, Alemania, Italia y Reino Unido, mientras que en España estos beneficios se apreciaran sobre todo en los puertos de Valencia, Barcelona, Palma de Mallorca y Algeciras.

*Figura 19. Previsión de monetización en 2020 de los beneficios sociales (para SO2 y PM) en el caso de que los buques utilizasen SSE en vez de Fuel.*





## V.2 Desventajas y Barreras

Al mismo tiempo que existen ventajas para la instalación de SSE en un puerto existen también inconvenientes y dificultades que impiden o hacen que esta tecnología no sea tan beneficiosa o rentable como se espera.

Entre los inconvenientes destacan las siguientes:

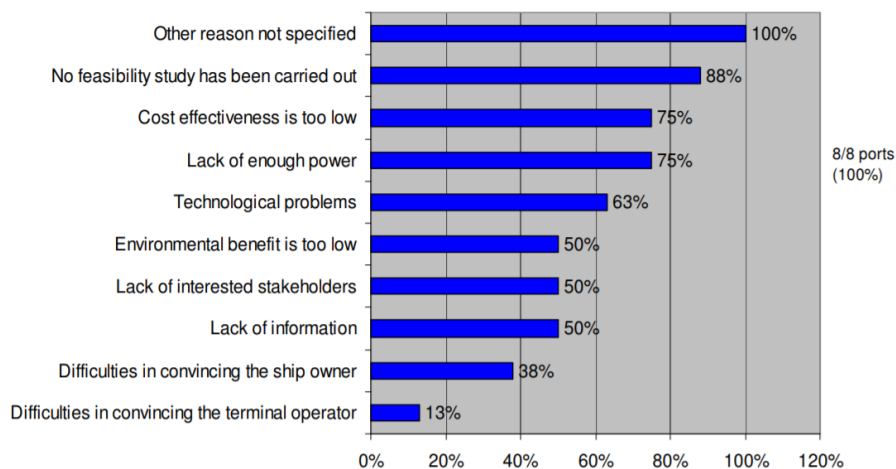
- La reducción de emisiones no es efectiva para aquellos buques cuyo tiempo de atraque en puertos sea corto, dada la complejidad de tareas de conexión no resulta conveniente y útil conectar estos buques.
- La SSE sólo es efectiva cuando el buque está amarrado al muelle, no durante la navegación ni tampoco mientras este fondeado en puerto a la espera de atracar. En estos casos habrá que estudiar otras medidas para reducir las emisiones de los buques.
- Como hemos visto actualmente cabe la posibilidad que la energía producida en un determinado puerto no sea compatible con la frecuencia que puede admitir el buque. La solución para ello sería la instalación de equipos de conversión de frecuencia de red (50 – 60 Hz), pero tienen un importante coste de inversión.
- La falta de estandarización de las conexiones eléctricas del buque y puertos, junto con la frecuencia de red resultan ser una importante barrera para implementar la SSE.

Las dificultades u obstáculos que puede presentar la instalación de SSE son numerosas siendo entre las cuales destacan sobre todo el elevado coste para su implementación y la falta de energía en la red que puede tener un estado para poder satisfacer las necesidades que requiere esta tecnología en uno de sus puertos.

En la siguiente figura obtenida de la encuesta realizada por la WPCI, se muestran las causas de porque algunos Estados no han introducido la SSE en sus puertos.



Figura 19: Razones por no introducir SSE



Fuente: WPCI

Junto al elevado coste y la falta de energía, encontramos otras causas de distinto tipo como problemas prácticos, falta de interés por accionistas en invertir en SSE, beneficios ambientales escasos y dificultades en convencer tanto a los armadores como a los operadores de las terminales en adoptar la tecnología de la SSE. A pesar de ello existen iniciativas que se pueden tomar para solucionar estos problemas que explicamos a continuación.

### A) Posibles soluciones a algunas cuestiones.

La barrera económica puede considerarse como uno de las barreras más importantes debido al elevado coste que requiere esta tecnología en sus primeras fases. La escasa utilización actual de la SSE no apoya un la idea de un buen plan de negocios que apoye su implementación.

Pero esto se puede solucionar de distintas maneras, partiendo por los propios Gobiernos quienes deben apoyar activamente las primeras financiaciones. Hasta ahora los que han solicitado inversiones en SSE no son los con los mayores beneficios de la reducción de emisiones nocivas. Esto último supone un difícil punto de partida para el desarrollo de la SSE. Diversas entidades han señalado la necesidad de llevar a cabo un estudio de quienes deberían pagar por toda la infraestructura, estas también han pensado en que los puertos deberían ser

apoyados por los gobiernos y en el caso de Europa, que la UE debe jugar un importante papel de estimulación en el despliegue de la SSE en todo el territorio.

Una manera de solucionar esto puede ser la creación de un plan de negocios para que los puertos reciban un reembolso parcial de la inversión desde aquellas entidades que se beneficien de la infraestructura:

- Los puertos reciben una comisión por la electricidad venida, como reembolso de la infraestructura, por parte del suministrador eléctrico;
- Los puertos reciben una comisión por la electricidad venida, como reembolso de la infraestructura, por parte de los operadores de las terminales;
- Los puertos reciben una comisión por la electricidad venida, como reembolso de la infraestructura, por parte de los buques.

Otra solución puede ser la creación de un plan de negocios donde el actor principal sería directamente el suministrador de electricidad.

Sigue existiendo una falta de claridad en relación al potencial y a los beneficios de la SSE a nivel portuario y de gobiernos locales, al mismo tiempo es tema del CI no es discutido con frecuencia debía por las compañías marítimas y las autoridades portuarias.

Algunos participantes han afirmado que es necesario realizar ulteriores estudios, que deberían ser cofinanciados y deberían proporcionar información adicional sobre la tecnología, las inversiones y los planes de negocios.

Existen otras actividades, como campañas, talleres y herramientas de cálculo que pueden traer más claridad y acelerar el uso de la SSE. Un buen ejemplo de esto último es la actividad de promoción del grupo de trabajo de SSE de la World Ports Climate Initiative.

Por otro lado, en relación a las barreras prácticas, hay que admitir que en ciertos países donde la electricidad que se suministra en tierra es producida a través del petróleo, no hay un beneficio en relación a la reducción de emisiones. Pero incluso en estos casos la SSE, al eliminar contaminantes peligrosos de áreas densamente pobladas, puede tener un importante impacto en la salud pública.

A nivel Europeo, el estudio de Nomenclatura de las Unidades Territoriales Estadísticas de Eurostat en las principales regiones Europeas, ha concluido que la implementación de la SSE no supondría serios problemas para las redes eléctricas de los EEMM.

También resulta importante estudiar la posibilidad de que los puertos y zonas circunstantes produzcan por si solas fuentes de energía sostenible y de ello elaborar unos planes de negocios de asunto consumo de estas energías a través de la SSE. La financiación de redes eléctricas inteligentes debería ser incrementada y permitir al puerto o al suministrador de electricidad construir generadores de energía renovable en las zonas portuarias incluyendo o en combinación con la instalación de infraestructuras de SSE.

Adicionalmente es importante tener un sistema “user friendly” que permite una fácil conexión y desconexión a la red eléctrica, aunque también es verdad que en algunos puertos el tráfico de Ro-ro y ferris es muy elevado y los tiempos en los que están atracados muy breves lo cual no permitiría un uso eficiente de la SSE. Estos casos deben ser estudiados en su singularidad.

## VI. Conclusiones

La implementación de la SSE en el transporte marítimo es un reto importante pero necesario para reducir el impacto medioambiental del sector marítimo, especialmente a nivel local. Esto significa también que el impacto también depende mucho de donde están localizados exactamente los puertos, en particular la distancia de estos de áreas pobladas.

SSE sigue siendo una opción nueva e innovadora y numerosos puertos tienen poca o ninguna experiencia con ella. Algunos estudios consideran que su implementación y regulación se puede simplificar de manera significativa si su ejecución e implementación es llevada a cabo de manera correcta y focalizándose en ciertos puntos críticos. Por otro lado, otros consideran que aún existen incertidumbres en determinados aspectos de esta tecnología, como por ejemplo a quien recae la propiedad de las infraestructuras de SSE, que dificultan su implementación. A pesar de ello, las señales son positivas ya que los informes procedentes de las instalaciones ya en funcionamiento han proporcionado resultados y feedback predominantemente positivos.

El estudio realizado ha concluido que el potencial de la SSE es extremadamente alto y los posibles beneficios en la salud pública y la reducción de emisiones de efecto invernadero y otros contaminantes, hacen que valga la pena utilizar e implementar la SSE.

Para una correcta implementación de esta tecnología, considero que el camino a seguir debería ser elaborado en base a un proceso integrado en diferentes puntos:

1. Cooperación y coordinación entre puertos y armadores.

Para facilitar el desarrollo y el uso de la tecnología SSE, es fundamental la cooperación entre los puertos y los armadores para garantizar que se promuevan las mejores soluciones e iniciativas en este ámbito.

## 2. Trabajar para el desarrollo de un marco legal que promueva el uso de la SSE.

Como se ha estudiado, la Directiva 2014/94/UE, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, requiere que todos los principales puertos europeos que proporcionen electricidad desde tierra, y la directiva indica claramente que el CI es considerado como un paso hacia la reducción de las emisiones del transporte marítimo. Es imprescindible trabajar para resaltar los beneficios de la SSE para así contribuir al desarrollo de los marcos legales que promueven esta solución tanto a nivel nacional como comunitario en el caso de la UE. No resulta lógico que, a pesar de que la SSE tenga beneficios sociales y ambientales, su implementación se vea obstaculizada por impuestos.

## 3. Eximir el uso de SSE de tasación y de costes en el caso de las energías renovables.

El propósito de los programas de promoción de energías renovable es apoyar y conseguir una transición al uso de energías renovables y reducir el uso de combustibles fósiles. Estos programas suelen ser financiados a través costes adicionales aplicados uso de la electricidad. La SSE es otra forma de reducir los combustibles fósiles, y a través ella se abre el camino para el uso de energías de fuentes renovable la eólica, la solar y la energía hidroeléctrica. Elevados impuestos sobre energías renovables hace que el consumo eléctrico caro y muy probablemente más caro que el uso de MGO. Sería necesario trabajar en eximir de impuestos la SSE en estos casos.

## 4. Trabajar para resolver cuestiones poco claras.

Hay numerosas cuestiones, técnicas regulatorias, económicas y logísticas que dificultan seriamente la implementación de la SSE, por lo que resultaría beneficios el estudio de posibles soluciones a ellas. Esto se puede realizar de distintas maneras, desde grupos de trabajos dedicados hasta la comparación entre autoridades portuarias y entre los mismos Estados.

5. Trabajar con las autoridades nacionales para encontrar instrumentos que apoyen las inversiones en SSE para así superar las barreras y el umbral inicial que supone la implementación de SSE.

Los costos de inversión la instalación de esta tecnología en puertos son elevados. Sin embargo el beneficio ambiental puede ser muy alto, especialmente ciudades portuarias densamente pobladas. Conviene trabajar para resaltar el beneficio ambiental de la OPS y contar con el apoyo de las autoridades estatales capturar tales beneficios a través de instrumentos que apoyen de inversión en SSE. En los períodos iniciales de su implementación este apoyo puede resultar útil a la hora de ayudar a impulsar el desarrollo de esta tecnología, así como a una mayor utilización de la SSE puede resultar beneficios para los propios armadores, tal y como hemos estudiado.

7. Promover los beneficios que la SSE puede tener para los armadores

Un cambio de MGO a SSE concede a los armadores la oportunidad de actuar en primera persona para reducir directamente las emisiones que producen sus puques, y esto les permite mostrar a terceros, clientes y reguladores que apoyan un desarrollo sostenible a largo plazo. Esto facilita que las autoridades promuevan un mayor desarrollo de esta tecnología. Visto que la SSE se está implementando en varios puertos, habría que hacer un importante esfuerzo para ilustrar a los armadores los beneficios a largo plazo que puede tener la SSE.

8. Apoyar el desarrollo de la SSE en casos especiales.

LA instalación de SSE resulta tener costes más elevados de lo normal para ciertos puertos donde hay capacidad de red limitada y existen restricciones o limitaciones en su uso en el puerto. En estos casos es importante trabajar con proveedores de electricidad para encontrar sistemas flexibles como las soluciones basadas en contenedores o la remodelación los sistemas a bordo de los buques ayudaría a reducir las barreras existentes en la implementación de la SSE en estos puertos.

La reducción de las emisiones contaminantes del aire que emiten buques y la imposición de requisitos y límites ambientales elevados, se conecta directamente

con la búsqueda de nuevas soluciones técnicas para conseguir estos objetivos. La Shore Side Electricity actualmente es la solución más eficaz para ello.

Pero, como hemos visto el uso de esta tecnología debe ir precedida por la estandarización global de las regulaciones y de la propia infraestructura, con el fin de garantizar el carácter universal de las conexiones y el posible uso que hagan los diferentes tipos de buques de este sistema de abastecimiento de energía eléctrica

Como se ha explicado, el trabajo común de los últimos años de IEC, IEEE e ISO. Sus reuniones dieron como resultado la publicación de estándares que ayudan a la implementación de sistemas de CI. El estándar IEC / ISO / IEEE 80005-1, para buques con la potencia de una central eléctrica por encima de 1 MVA IEC / ISO / IEEE 80005-1), y el estándar IEC / ISO / IEEE 80005-3 para barcos de menos de 1MVA, han permitido permitió la implementación de nuevos de suministro eléctrico que son conformes a los estándares globales.

La estandarización aumenta la compatibilidad entre las instalaciones eléctricas en tierra y en el buque y por consiguiente aumenta y simplifica su utilización. A esto hay que añadir la necesidad, recogida en los dos estándares, de que exista un importante enfoque en materia de seguridad en el momento de diseñar e instalar un sistema de SSE.

A todo lo anterior hay que añadir el constante estudio que se está realizando para desarrollar y mejorar lo más posible esta tecnología SSE. Incluso se está estudiando la posibilidad de que los buques no tengan que estar obligatoriamente atracados para abastecerse de energía eléctrica, al contrario que esta se les pueda suministrar incluso cuando están fondeados en zonas de espera distantes de las terminales y los muelles. Esto gracias a las llamadas "LNG Power Barges".



– *Figura 20. Representación de una LNG Power Barge.*



© Hybrid Port Energy GmbH

Fuente: G-Captain

Las LNG Power Barges es una tecnología especialmente reciente y combina el almacenamiento de LNG, unidades de regasificación y generadores, todos a bordo de una única gabarra. El almacenamiento puede ser en tanques fijos que se llenan a través de camiones o bunkering, o tanques removibles que son llenados en otra parte. La unidad de regasificación transforma el gas natural licuado en gas natural a presión atmosférica. Y por último los generadores, los cuales están diseñados con motores de gas independientes, para así ajustar tanto la potencia como la energía a emitir.

Estas gabarras están pensadas para que sus generadores produzcan energía de bajo o alto voltaje (230v a 11kV) y a una frecuencia tanto de 50 o 60 Hz, sobrepasando así el importante obstáculo que, como hemos visto. Supone la diferencia de frecuencia utilizada en entre los buques y algunos Estados. Así mismo las LNG Power Barges, también están diseñadas con la posibilidad de que puedan abastecer a más de un buque a la vez.

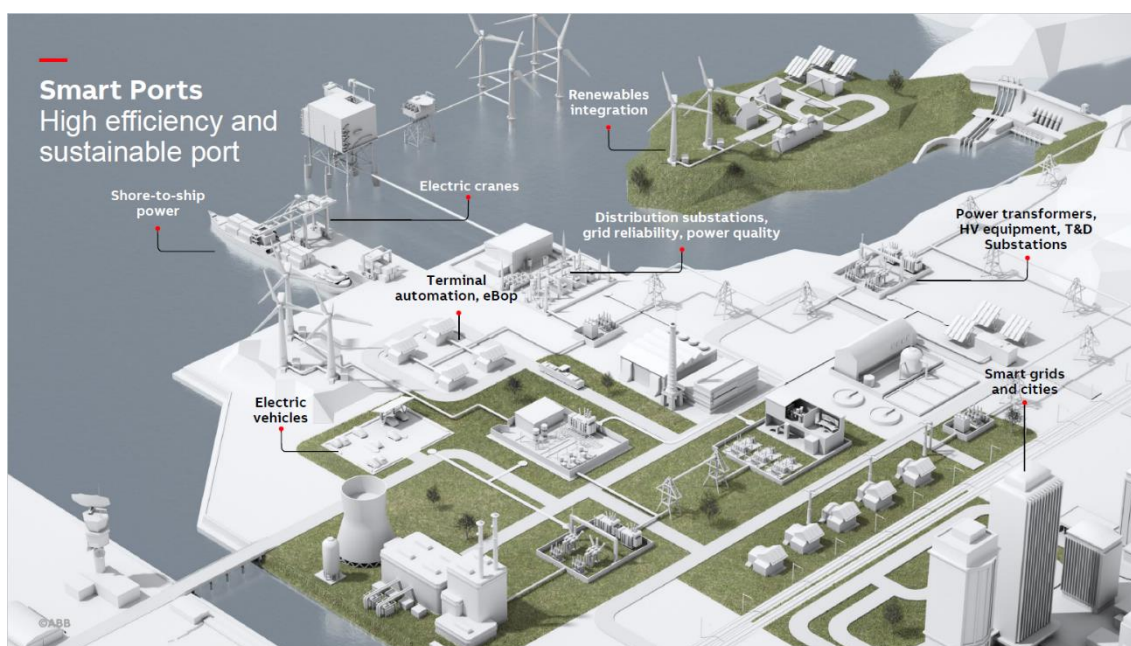
Los beneficios de esta última tecnología pueden ser extremadamente impactantes porque permitiría aumentar la disponibilidad de suministro eléctrico a todo tipo de buque que se encuentre en zonas portuarias desde el momento en que estén fondeados, aumentando considerablemente el tiempo en que los

generadores auxiliares estén encendidos y por consiguiente reduciendo aún más la emisión de contaminantes y los niveles de ruido en el puerto y en las áreas.

Por último, y con una proyección más a futuro, quiero señalar el potencial que tiene la SSE combinada con las tecnologías renovables y el creciente interés mundial en reducir las emisiones en todos los campos, no solo el marítimo.

En el caso de una ciudad portuaria, una ciudad basada en el concepto de “cero emisiones” que se basa en vehículos eléctricos, energías renovables, desarrollo sostenible entre otras iniciativas, si se combina con la SSE electricista se puede llegar a la creación de un “Smart Port”, donde todos los beneficios sociales, económicos y medio ambientales se ferian multiplicados de manera exponencial.

– *Figura 21. Representación de un Smart Port.*



*Fuente: ABB*

## Bibliografía

- Recomendación de la Comisión, de 8 de mayo de 2006, sobre el fomento del uso de electricidad en puerto por los buques atracados en puertos comunitarios (Texto pertinente a efectos del EEE)
- Reglamento (UE) n ° 1315/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2013, sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la Red Transeuropea de Transporte, y por el que se deroga la Decisión n ° 661/2010/UE Texto pertinente a efectos del EEE
- Reglamento Delegado (UE) 2017/7348 de la Comisión, de 17 de noviembre de 2017, por el que se completa la Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los puntos de recarga para vehículos de motor de categoría L, el suministro de electricidad en puerto a los buques de navegación interior y los puntos de repostaje de GNL para los transportes acuáticos, y por el que se modifica dicha Directiva en lo que respecta a los conectores de los vehículos de motor para el repostaje de hidrógeno gaseoso.
- Towards the broadest use of alternative fuels - an Action Plan on Alternative Fuels Infrastructure under Article 10(6) of Directive 2014/94/EU, including the assessment of national policy frameworks under Article 10(2) of Directive 2014/94/EU <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0652&from=EN>
- Directiva 2005/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de julio de 2005, por la que se modifica la Directiva 1999/32/CE en lo relativo al contenido de azufre de los combustibles para uso marítimo.
- Recomendación 2006/339/CE de la Comisión, de 8 de mayo de 2006, sobre el fomento del uso de electricidad en puerto por los buques atracados en puertos comunitarios.
- Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.
- Directiva 2014/94/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de octubre de 2014, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos Texto pertinente a efectos del EEE.
- Directiva (UE) 2016/802 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, relativa a la reducción del contenido de azufre de determinados combustibles líquidos.
- Decisión de Ejecución del Consejo, de 14 de octubre de 2014 , por la que se autoriza a Alemania, de conformidad con el artículo 19 de la Directiva 2003/96/CE, a aplicar un tipo impositivo reducido a la electricidad suministrada directamente a los buques atracados en puerto.

Decisión de Ejecución del Consejo, de 20 de junio de 2011, por la que se autoriza a Suecia, en virtud del artículo 19 de la Directiva 2003/96/CE, para aplicar un tipo impositivo reducido a la electricidad suministrada directamente a los buques atracados en puerto.

Decisión de Ejecución (UE) 2018/1491 del Consejo, de 2 de octubre de 2018, por la que se autoriza a España, de conformidad con el artículo 19 de la Directiva 2003/96/CE, a aplicar un tipo impositivo reducido del impuesto especial sobre la electricidad suministrada directamente a los buques atracados en puerto.

Agencia Ejecutiva de Innovación y de Redes (INEA). (2016). Masterplan for OPS in Spanish ports. Retrieved from [https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/fiche\\_2015-eu-tm-0417-s\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/fiche_2015-eu-tm-0417-s_final.pdf)

Ballini, F., & Bozzo, R. (2015). Air pollution from ships in ports: The socio-economic benefit of cold-ironing technology. *Research in Transportation Business and Management*, 17(2015), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2015.10.007>

Comisión Europea. (2018). Air pollution from the main sources / Air emissions from maritime transport. Retrieved from Air - Policies website: <http://ec.europa.eu/environment/air/sources/maritime.htm>

Di Vaio, A., & Varriale, L. (2018). Management innovation for environmental sustainability in seaports: Managerial accounting instruments and training for competitive green ports beyond the regulations. *Sustainability (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/su10030783>

Di Vaio, A., Varriale, L., & Alvino, F. (2018). Key performance indicators for developing environmentally sustainable and energy efficient ports: Evidence from Italy. *Energy Policy*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.046>

Environment, U. (n.d.). Why does global clean ports matter - UN Environment. Retrieved from <https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/global-clean-ports/why-does-global-clean-ports-matter>

Esteve-Pérez, J., & Gutiérrez-Romero, J. E. (2015). *Renewable energy supply to ships at port*. (10).

Forns, L. V. (2012). Análisis de la nueva normativa OMI sobre eficiencia energética (EEDI/SEEMP). *Universidad Politécnica de Cataluña*, 1–102. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/16382>

Henríquez, J. (2018). Suministro eléctrico en el puerto, una alternativa viable y necesaria. Retrieved from Tecnoenergía website:

<https://profesionaleshoy.es/energia/2018/06/15/suministro-electrico-en-el-puerto-una-alternativa-viable-y-necesaria/9978>

- Innes, A., & Monios, J. (2018). Identifying the unique challenges of installing cold ironing at small and medium ports – The case of Aberdeen. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 298–313. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.02.004>
- Jivén, K. (2004). *Shore-side electricity for ships in ports: case studies with estimates of internal and external costs, prepared for the North Sea Commission*. 28. Retrieved from <http://www.transportportal.se/ShipDocs/2013-11-20rec162036.pdf%5Cnhttps://trid.trb.org/view/1375845>
- Johansson, L., Jalkanen, J.-P., & Kukkonen, J. (2017). Global assessment of shipping emissions in 2015 on a high spatial and temporal resolution. *Atmospheric Environment*, 167(Octubre), 403–415.
- Olaf, M. (2014). *Shipping Emissions in Ports*. Parris: International Transport Forum.
- OPS Master Plan for Spanish Ports. (n.d.). Retrieved from <http://poweratberth.eu/?lang=es>
- Paul, B. Y. D. E. V, Peterson, K., & Chavdarian, P. R. (2014). *Designing Cold Ironing Power*. (Marzo).
- Perera, L. P., & Mo, B. (2016). Emission control based energy efficiency measures in ship operations. *Applied Ocean Research*, Vol. 60. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2016.08.006>
- Puertos del Estado. (2018, 11 de Octubre). *Puertos del Estado promueve la exención del impuesto al suministro eléctrico a buques en atraque*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Puertos del Estado. (2014). Guía de Gestión Energética en Puertos. In *Puertos del Estado. Subd. Innovación Tecnológica, Seguridad y Sostenibilidad*. Retrieved from <http://www.faan.es/wp-content/uploads/2017/07/Guía-Gestión-Energética-Municipal.pdf>
- Sciberras, E. A., Zahawi, B., & Atkinson, D. J. (2015). Electrical characteristics of cold ironing energy supply for berthed ships. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 39, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.05.007>
- Sciberras, E. A., Zahawi, B., Atkinson, D. J., Juandó, A., & Sarasquete, A. (2016). Cold ironing and onshore generation for airborne emission reductions in ports. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal*



- of Engineering for the Maritime Environment*, 230(1), 67–82.  
<https://doi.org/10.1177/1475090214532451>
- Zis, T. P. V. (2019). Prospects of cold ironing as an emissions reduction option. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 82–95.  
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.11.003>
- Zis, T., North, R. J., Angeloudis, P., Ochieng, W. Y., & Bell, M. G. H. (2014). Evaluation of cold ironing and speed reduction policies to reduce ship emissions near and at ports. *Maritime Economics and Logistics*, 16(4), 371–398. <https://doi.org/10.1057/mel.2014.6>
- Andersson, K., Baldi, F., Brynolf, S., Lindgren, J. F., Granhag, L., & Svensson, E. (2016). Shipping and the environment. In *Shipping and the Environment: Improving Environmental Performance in Marine Transportation*.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-662-49045-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49045-7_1)
- Davarzani, H., Fahimnia, B., Bell, M., & Sarkis, J. (2016). Greening ports and maritime logistics: A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.007>
- Wan, Z., el Makhloufi, A., Chen, Y., & Tang, J. (2018). Decarbonizing the international shipping industry: Solutions and policy recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, 126.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.064>
- Papoutsogulo, T. (2012). *A Cold Ironing Study on Modern Ports, Implementation and Benefits Thriving for Worldwide Ports*. National Technical University of Athens 2012.
- Küfeoglu, S., Pollitt, M. G., & Anaya, K. L. (2018). Electric Power Distribution in the World: Today and Tomorrow. In *Cambridge Working Paper in Economics* (No. 1826; Vol. 1846). Cambridge.
- Trans-European Transport Network Executive Agency. (2013). *TEN-T PROJECTS IN FIGURES*. Bruselas.
- Bernacchi, R. (2018). *Shore-to-ship power and smart ports. Paving the Way to Smarter, Stronger, Greener Port Electrical Grids*.
- Bernacchi, R. (2017). *From Shore-to-ship to smart ports : Balancing demand and supply and optimizing capital expenditures*.
- García Esquivá, N. (2014). *Estudio y dimensionamiento de una instalación de suministro de energía eléctrica a buques desde tierra basada en la tecnología onshore power supply* (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA).

- Jayasinghe, S. G., Al-Falahi, M., Enshaei, H., Fernando, N., & Tashakori, A. (2016). Floating power platforms for mobile cold-ironing. *2016 IEEE 2nd Annual Southern Power Electronics Conference, SPEC 2016*, (978), 236DUMMY. <https://doi.org/10.1109/SPEC.2016.7846221>
- Borkowski, T., & Tarnapowicz, D. (2012). "Shore to Ship" System – an Alternative Electric Power Supply in Port. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 19(January 2016). <https://doi.org/10.5604/12314005.1137943>
- European Sea Ports Organisation. (2018). *Position of the European Sea Ports Organisation on the public consultation with regard to Evaluation of the EU framework for taxation of energy products and electricity*. Bruselas: European Sea Ports Organisation.
- Garcia Iglesias, F. (n.d.). *El suministro de Energía Eléctrica a Buques desde Centrales de Generación con GNL para mejorar la Huella Ecológica en Puertos*.
- Winkel, R., Weddige, U., Johnsen, D., Hoen, V., & Papaefthimiou, S. (2016). Shore Side Electricity in Europe: Potential and environmental benefits. *Energy Policy*, 88, 584–593. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.013>
- Marquart, K., Haasdijk, T., Ferrari, G., & Schmindhatler, R. (2010). Shore-to-ship power. *ABB Review*, (Abril 2010). Retrieved from <https://library.e.abb.com/public/8f916bbe49d92d1ac12579680032f273/Shore-to-ship-power-2010-low.pdf>
- Papaefthimiou, S. (2015, October 15). Science for Environment Policy. Shore side electricity: key policy recommendation for uptake. *European Commission DG Environment News Alert Service*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.0>
- Winkel, R., Weddige, U., Johnsen, D., Hoen, V., & Papaefthimiou, G. (2015). *Potential for Shore Side Electricity in Europe Potential for Shore Side Electricity in Europe*. <https://doi.org/10.1243/09544070JAUTO528>
- Emily de Jonge (Entec) Christoph Hugi (Entec) David Cooper (IVL), & Issued. (2005). *Shore-Side Electricity*. Burselas.
- Comisión Europea. (2017). Towards the broadest use of alternative fuels - an Action Plan on Alternative Fuels Infrastructure under Article 10(6) of Directive 2014/94/EU. In *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS* (Vol. 365). Bruselas.



- Tecnalia. (2019). *ASSESSMENT OF THE ACOUSTIC BENEFIT OF THE POWER SUPPLY TO SHIPS (COLD IRONING) Summary Report February 2018*.
- Coppola, T., & Quaranta, F. (2014). Fuel saving and reduction of emissions in ports with cold ironing applications. *X HSMV*, (October).
- Tarnapowicz, D., & German-Galink, S. (2018). INTERNATIONAL STANDARDIZATION IN THE DESIGN OF “SHORE TO SHIP” - POWER SUPPLY SYSTEMS OF SHIPS IN PORT. *DE GRUYTER Management Systems in Production Engineering*, 26(1), 9–33. <https://doi.org/10.2478/mspe>
- Malta National Electromobility Platform. (2014). *FEASIBILITY INTRODUCTION 1. STUDY INTO THE POSSIBILITY OF SHORE SIDE ELECTRICAL SUPPLY FOR BERTHING VESSELS WITHIN MALTESE HARBOURS*. Malta: Transport Malta.
- Fasting, G. (2018). Onshore Power Supply for Cruise Vessels Assessment of opportunities and limitations for connecting cruise vessels to shore power.
- Ericsson, P., & Fazlagic, I. (2008). A feasibility study and a technical solution for an on-shore electrical infrastructure to supply vessels with electric power while in port. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Fiadomor, R. (2009). *The Maritime Commons : Digital Repository of the World Assessment of alternative maritime power (cold ironing) and its impact on port management and operations. POWER (COLD IRONING) AND IT'S IMPACT*. WORLD MARITIME UNIVERSITY.
- Zanetti, S. L. (2013). *IS COLD IRONING HOT ENOUGH? An Actor Focus Perspective of on Shore Power Supply (OPS) at Copenhagen's Harbour Supervisors* : IIIIEE.
- INOVA LABS, “Las 5 Ventajas de la Conexión OPS (Onshore Power Supply),” 2019. [Online]. Available: <http://inoyalabs.es/es/las-5-ventajas-la-conexion-ops-onshore-power-supply/>.